

## Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural  
*Especialidad Hortofruticultura y Jardinería*

**Comportamiento de variedades de vid tolerantes a  
enfermedades fúngicas en la comarca del  
Somontano**

***Behavior of fungal-tolerant grapevine varieties in the  
Somontano region***

Autora

Carla Ferrer Martín

Directores

José Casanova Gascón

Pablo Martín Ramos

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

2019



## **AGRADECIMIENTOS**

Quisiera agradecer en primer lugar a la empresa Viñas del Vero el permitirme realizar este trabajo de su mano. En especial, a D. Sergio Torres, y D. Adrián Jarne, mi tutor en la empresa, por toda la ayuda prestada en el transcurso del seguimiento en campo, y su posterior análisis. También a todas las personas que, indirecta o directamente, han prestado su ayuda para poder realizar el estudio.

A mis tutores académicos, D. José Casanova y D. Pablo Martín, por ayudarme, facilitarme todo su conocimiento en el sector, y apoyarme en todo momento. Además de su gran implicación en dicho proyecto.

A mi familia, por estar conmigo día a día y apoyarme siempre sin contemplaciones. A mi padre por enseñarme este maravilloso, aunque sacrificado mundo, como es el de la fruticultura, del que cada vez que habla se le ilumina la cara. A mi madre por su positividad ante todo, sus consejos, y hacerme creer en mi misma. A mi hermana, mi otra mitad, por demostrarme cada día que no existen barreras en la vida. Y a Albert, mi apoyo incondicional. Sin ellos, no habría conseguido nada de lo que pueda tener ahora.

Solamente puedo decir, gracias.



# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Contexto y motivación .....	1
1.2. La viticultura del futuro.....	4
1.3. Objetivos del Proyecto .....	5
1.4. Información sobre las enfermedades objeto de estudio .....	5
1.4.1. Mildiu ( <i>P. viticola</i> ).....	5
1.4.1.1. Ciclo biológico .....	6
1.4.1.2. Sintomatología.....	6
1.4.1.3. Estrategias de lucha .....	8
1.4.2. Oídio ( <i>U. necator</i> ).....	11
1.4.2.1. Ciclo biológico .....	11
1.4.2.2. Sintomatología.....	12
1.4.2.3. Estrategias de lucha .....	13
1.4.3. Podredumbre gris ( <i>B. cinerea</i> ) .....	14
1.4.3.1. Ciclo biológico .....	14
1.4.3.2. Sintomatología.....	14
1.4.3.3. Estrategias de lucha .....	16
<b>2. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
2.1. Localización .....	17
2.2. Climatología y edafología.....	17
2.3. Material vegetal .....	19
2.4. Emplazamiento y técnicas culturales .....	22
2.5. Metodología en campo.....	26
2.5.1. Fenología .....	26
2.5.2. Ampelografía .....	26
2.5.3. Tasa de cuajado .....	26
2.5.4. Seguimiento agronómico.....	26
2.5.5. Seguimiento climático.....	27
2.5.6. Seguimiento de enfermedades .....	28
2.5.7. Tratamiento estadístico .....	31
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>32</b>
3.1. Fenología .....	32
3.2. Ampelografía.....	35
3.3. Tasa de cuajado.....	36
3.4. Resultados de maduración .....	36
3.5. Índice de Ravaz.....	37
3.6. Coste de tratamientos .....	39
3.7. Datos climáticos .....	40
3.8. Mildiu ( <i>Plasmopara viticola</i> ).....	42
3.8.1. Resultados de enfermedades en hoja .....	42
3.8.1.1. Grado de ataque en hoja.....	42
3.8.1.2. Intensidad de ataque en hoja .....	43
3.8.1.3. Incidencia de ataque en hoja .....	44
3.8.1.4. Eficacia de tratamiento en hoja .....	44

3.8.2. Resultados de enfermedades en racimo.....	45
3.8.2.1. Grado de ataque en racimo .....	45
3.8.2.2. Intensidad de ataque en racimo .....	46
3.8.2.3. Incidencia de ataque en racimo .....	46
3.8.2.4. Eficacia de tratamiento en racimo .....	47
3.8.3. Modelización de mildiu .....	47
3.8.4. Estudio trianual .....	49
3.8.4.1. Evolución temporal del grado de ataque en hoja y racimo para las diferentes campañas .....	49
3.8.4.2. Eficacia de tratamiento en hoja y racimo para las diferentes campañas..	50
3.9. Oídio ( <i>Uncinula necator</i> ).....	51
3.9.1. Resultados de enfermedad en hoja.....	51
3.9.2. Resultados de enfermedades en racimo.....	52
3.9.2.1. Grado de ataque en racimo .....	52
3.9.2.2. Intensidad de ataque en racimo .....	52
3.9.2.3. Incidencia de ataque en racimo .....	53
3.9.2.4. Eficacia de tratamiento en racimo .....	53
3.9.3. Modelización del oídio .....	54
3.9.4. Estudio trianual .....	55
3.9.4.1. Evolución temporal del grado de ataque en hoja y racimo para las diferentes campañas .....	55
3.9.4.2. Eficacia de tratamiento en hoja y racimo para las diferentes campañas..	56
3.10. Podredumbre gris ( <i>Botrytis cinerea</i> ) .....	57
3.10.1. Resultados de enfermedades en hoja .....	57
3.10.2. Resultados de enfermedades en racimo.....	58
3.10.3. Estudio trianual .....	58
3.10.3.1. Evolución temporal del grado de ataque en hoja y racimo para las diferentes campañas .....	58
3.10.3.2. Eficacia de tratamiento en hoja y racimo para las diferentes campañas..	58
3.11. Tratamiento estadístico.....	59
3.12. Vinificación.....	61
3.12.1. Vendimia.....	61
3.12.2. Obtención del mosto.....	61
3.12.3. Análisis pre-fermentación.....	62
3.12.4. Fermentación .....	62
3.12.5. Fin fermentación .....	63
3.12.6. Análisis sensorial .....	64
3.12.7. Estudio trianual .....	64
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>66</b>
<b>5. REFERENCIAS .....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>71</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Tanto por ciento diario de desarrollo de mildiu según el modelo Goidanich (Barrios et al., 2004).....	9
Tabla 2.	Índice de riesgo y uso de tratamiento químico en oídio (Thomas et al., 1994).....	13
Tabla 3.	Gipsisol hipergípsico (Torre Fierro). Parámetros físicos y químicos (Badía et al., 2006).....	18
Tabla 4.	Gipsisol hipergípsico (Torre Fierro). Parámetros físicos y químicos (Badía et al., 2006).....	18
Tabla 5.	Gipsisol hipergípsico (Torre Fierro). Parámetros físicos y químicos (Badía et al., 2006).....	19
Tabla 6.	Gipsisol hipergípsico (Torre Fierro). Parámetros físicos y químicos (Badía et al., 2006).....	19
Tabla 7.	Características varietales de Sauvignon Kretos (Morgante & Testolin, 2016). .....	19
Tabla 8.	Características varietales de Sauvignier gris (Pritchard, 2016b; WBI, 2016). .....	20
Tabla 9.	Características varietales de Muscaris (Pritchard, 2016a; WBI, 2016).....	21
Tabla 10.	Características varietales de Sauvignon blanc (Chomé Fuster, 2003).....	21
Tabla 11.	Dosis de riego en la campaña 2018 (Viñas del Vero). .....	23
Tabla 12.	Labores realizadas en las parcelas durante la campaña 2018 (Viñas del Vero).....	23
Tabla 13.	Tratamientos aplicados durante la campaña 2018 en variedades PIWI y testigo/tratamiento (Elaboración propia).....	25
Tabla 14.	Escala de evolución del porcentaje de órgano afectado (Elaboración propia). ....	29
Tabla 15.	Principales estados fenológicos observados en las variedades objeto de estudio (Elaboración propia).....	32
Tabla 16.	Principales estados fenológicos observados en las variedades objeto de estudio durante las campañas 2016, 2017 y 2018 (Bernad, 2018; Elbaile, 2016)(Elaboración propia) .....	34
Tabla 17.	Caracterización ampelográfica según descriptores OIV (Elaboración propia). .....	35
Tabla 18.	Resultados del conteo de flores y del número de bayas cuajadas (en %) según el conteo del brazo (derecho, izquierdo), y del total de la planta (Elaboración propia) .....	36
Tabla 19.	Parámetros analizados en campo durante la campaña 2018 (Viñas del Vero).....	36
Tabla 20.	Parámetros analizados en campo durante la campaña 2017 (Bernad, 2018). .....	37
Tabla 21.	Parámetros analizados en campo durante la campaña 2016 (Elbaile, 2016). .....	37
Tabla 22.	Índice de Ravaz durante la campaña 2018 (Elaboración propia). .....	38
Tabla 23.	Datos de producción y poda, e índices de Ravaz calculados en las campañas 2018 y 2017 (Elaboración propia) (Bernad, 2018). .....	38
Tabla 24.	Costes obtenidos durante la campaña 2018 (Elaboración propia). .....	39
Tabla 25.	Temperaturas medias mensuales durante las tres campañas (Elaboración propia) (Bernad, 2018; Elbaile, 2016). .....	41
Tabla 26.	Precipitaciones medias mensuales (mm) para las tres campañas (Elaboración propia)(Bernad, 2018; Elbaile, 2016).....	41
Tabla 27.	Eficacia de tratamiento encontrada en hoja para mildiu durante la campaña 2018 (Elaboración propia) .....	45
Tabla 28.	Eficacia de tratamiento encontrada en racimo para mildiu durante la campaña 2018 (Elaboración propia) .....	47
Tabla 29.	Cálculo del desarrollo diario de Plasmopara viticola según el modelo de Goidanich para la campaña 2018 (Elaboración propia).....	48
Tabla 30.	Eficacia de tratamiento encontrada en hoja y racimo para mildiu durante las campañas 2016, 2017 y 2018 (Bernad, 2018; Elbaile, 2016)(Elaboración propia). 50	

Tabla 31.	Eficacia de tratamiento encontrada en racimo para oídio durante la campaña 2018 (Elaboración propia) .....	54
Tabla 32.	Eficacia de tratamiento encontrada en hoja y racimo para oídio durante las campañas 2016, 2017 y 2018 (Bernad, 2018; Elbaile, 2016)(Elaboración propia) .	56
Tabla 33.	Eficacia de tratamiento encontrada en hoja y racimo para podredumbre gris durante las campañas 2016, 2017 y 2018 (Bernad, 2018; Elbaile, 2016)(Elaboración propia).....	59
Tabla 34.	Prueba de Kruskal-Wallis para ataque de mildiu en hoja durante la campaña 2018 (Elaboración propia) .....	59
Tabla 35.	Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Conover-Iman (prueba bilateral) para mildiu en hoja durante la campaña 2018 (Elaboración propia).....	59
Tabla 36.	Prueba de Kruskal-Wallis para ataque de mildiu en racimo durante la campaña 2018 (Elaboración propia) .....	60
Tabla 37.	Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Conover-Iman (prueba bilateral) para mildiu en racimo durante la campaña 2018 (Elaboración propia).....	60
Tabla 38.	Prueba de Kruskal-Wallis para ataque de oídio en racimo durante la campaña 2018 (Elaboración propia) .....	60
Tabla 39.	Comparación múltiple por pares mediante el procedimiento de Conover-Iman (prueba bilateral) para oídio en racimo durante la campaña 2018 (Elaboración propia).....	60
Tabla 40.	Resultados de PCA. Valores propios (arriba) y correlaciones entre variables y factores después de la rotación Varimax (abajo) (Elaboración propia). .....	61
Tabla 41.	Rendimiento de producción en las variedades PIWI. ....	61
Tabla 42.	Valores iniciales de los mostos en el análisis pre-fermentación .....	62
Tabla 43.	Análisis de los vinos terminados antes del descube.....	64
Tabla 44.	Análisis de los vinos terminados tras el trasiego. ....	64
Tabla 45.	Valores iniciales de los mostos en las campañas 2017 y 2018 para las tres variedades PIWI.....	65



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Mildiu: sintomatología en hoja. Manchas de aceite en el haz y fructificación en el envés (Elaboración propia) .....	7
Figura 2.	Mildiu: sintomatología en racimo. Oscurecimiento y pelusilla blanquecina (Elaboración propia) .....	7
Figura 3.	Mildiu larvado (Elaboración propia).....	8
Figura 4.	Oídio: sintomatología en hoja. Manchas de aceite en el haz (Elaboración propia) .....	12
Figura 5.	Oídio: sintomatología en racimo. Polvillo ceniciento y granos rajados (Elaboración propia) .....	12
Figura 6.	Podredumbre gris: sintomatología en hoja e inflorescencia (Ministerio de Agricultura, 2014).....	15
Figura 7.	Podredumbre gris: sintomatología en racimo. Aparición de podridos y polvillo característico (Ministerio de Agricultura, 2014). .....	15
Figura 8.	Distribución de las parcelas objeto de estudio. ("SIGPAC," 2019) .....	17
Figura 9.	Distribución de las variedades objeto de estudio ("SIGPAC," 2019).....	22
Figura 10.	Hojas afectadas por erinosis en la campaña 2018 (Elaboración propia).....	24
Figura 11.	Efecto de toxicidad en hoja debido a la aplicación del tratamiento contra erinosis (Elaboración propia) .....	24
Figura 12.	Sensor en campo. Parcela 2 (Elaboración propia).....	27
Figura 13.	Datalogger para monitorización de temperatura y humedad in situ (Vickery, 2012) .	27
Figura 14.	Izquierda: Sensor de humedad en hoja (Elaboración propia); derecha: Adaptador 1-Wire de RJ11 a USB.....	28
Figura 15.	Evolución de la temperatura media a lo largo de la campaña 2018 (Elaboración propia). .....	40
Figura 16.	Evolución de las precipitaciones/resistividad del sensor de humedad a lo largo de la campaña 2018 (Elaboración propia). .....	41
Figura 17.	Daños producidos por mildiu (Elaboración propia).....	42
Figura 18.	Evolución temporal del grado de ataque (izquierda) y de la incidencia (derecha) de mildiu en hojas durante la campaña 2018 (Elaboración propia). .....	43
Figura 19.	Intensidad de ataque del mildiu en hojas durante la campaña 2018 (Elaboración propia). .....	44
Figura 20.	Incidencia de ataque de mildiu en hojas durante la campaña 2018 (Elaboración propia). .....	44
Figura 21.	Evolución temporal de grado de ataque (izquierda) e incidencia (derecha) de mildiu en racimos a lo largo de la campaña 2018 (Elaboración propia). .....	45
Figura 22.	Intensidad del ataque de mildiu en racimos durante la campaña 2018 (Elaboración propia). .....	46
Figura 23.	Incidencia de ataque de mildiu en racimo durante la campaña 2018 (Elaboración propia). .....	46
Figura 24.	Evolución temporal del grado de ataque de mildiu en las campañas 2016 (arriba) y 2018 (abajo), en hoja (izquierda) y en racimo (derecha) (Elaboración propia). .....	50
Figura 25.	Daños producidos por oídio (Elaboración propia).....	51
Figura 26.	Evolución temporal del grado de ataque (izquierda) y la incidencia (derecha) de oídio en racimo durante la campaña 2018 (Elaboración propia).....	52
Figura 27.	Intensidad de ataque del oídio en racimo durante la campaña 2018 (Elaboración propia). .....	53
Figura 28.	Incidencia de ataque del oídio en racimo durante la campaña 2018 (Elaboración propia). .....	53
Figura 29.	Evolución del índice de riesgo para oídio según el modelo de Gubler (Elaboración propia) .....	55

Figura 30.	Evolución temporal del grado de ataque de oídio en: (a) campaña 2016 en racimo; (b) campaña 2017 en hoja; (c) campaña 2017 en racimo; y (d) campaña 2018 en racimo (Elaboración propia) .....	56
Figura 31.	Daños producidos por podredumbre gris (Ministerio de Agricultura, 2014).....	57
Figura 32.	Evolución temporal del grado de ataque de podredumbre gris en las campañas 2016 (a) y 2017 (b) (Elaboración propia).....	58
Figura 34.	Seguimiento de fermentación en la variedad Muscaris (Elaboración propia) .....	62
Figura 35.	Seguimiento de fermentación en la variedad Sauvignier gris (Elaboración propia) ....	63
Figura 36.	Seguimiento de fermentación en la variedad Sauvignon Kretos (Elaboración propia)	63

## RESUMEN

La vid es altamente susceptible a numerosas enfermedades de origen fúngico, especialmente a mildiu (*Plasmopara viticola*), oídio (*Uncinula necator*) y podredumbre gris (*Botrytis cinerea*). Dicha susceptibilidad conlleva importantes costes, debido a las ingentes cantidades de productos fitosanitarios utilizados para paliar las posibles afecciones de los órganos verdes. Además de incrementar los gastos en la producción, estos productos son considerados perjudiciales tanto para la salud como para el medio ambiente. Actualmente existe una línea de investigación centrada en el desarrollo de variedades *resistentes* o *tolerantes* (variedades "PIWI") a estas enfermedades. El presente trabajo se basa en el seguimiento en campo de tres de estas variedades resistentes, *Sauvignon Kretos*, *Sauvignier gris* y *Muscaris*, comparando su comportamiento con una variedad testigo (*Sauvignon blanc*), tratada o sin tratar. Dicho estudio se ha realizado en una parcela experimental de la bodega Viñas del Vero, en la comarca del Somontano, durante la campaña 2018, completando los estudios previos realizados en las campañas 2016 y 2017 y permitiendo realizar una comparativa y aportar una visión global del estudio trianual pertinente. En base a los datos recogidos, se concluye que las tres variedades PIWI presentan una gran tolerancia a las enfermedades estudiadas, si bien existen diferencias significativas entre ellas en términos de grado de tolerancia, producción y calidad del vino obtenido.

**Palabras clave:** *Plasmopara viticola*, *Uncinula necator*, *Botrytis cinerea*, resistencia, tolerancia, PIWI, *Vitis* spp., producción.

## ABSTRACT

Grapevine is highly susceptible to numerous fungal diseases, especially to downy mildew (*Plasmopara viticola*), powdery mildew (*Uncinula necator*) and botrytis bunch rot (*Botrytis cinerea*). This susceptibility results in important production costs, due to the large amounts of phytosanitary products used to alleviate the possible affections of the green organs. In addition to increasing production costs, these products are harmful to both health and the environment. There is currently a line of research on disease-resistant or disease-tolerant grapevine varieties ("PIWI" varieties). The present work is based on the monitoring of three of these varieties, namely *Sauvignon Kretos*, *Sauvignier gris* and *Muscaris*, whose behavior was compared to that of a control variety (*Sauvignon blanc*), either treated or untreated. This study was carried out in an experimental plot of Viñas del Vero winery, in the Somontano region, during the 2018 growing season, completing previous studies conducted in the 2016 and 2017 growing seasons and allowing for comparison and for the obtaining of a global vision of three-year study. Based on the data collected, it can be concluded that the three PIWI varieties feature a high tolerance to the fungal diseases under study, although there are significant differences between them in terms of degree of tolerance, production and quality of the wine obtained.

**Keywords:** *Plasmopara viticola*, *Uncinula necator*, *Botrytis cinerea*, resistance, tolerance, PIWI, *Vitis* spp, production.



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Contexto y motivación

La vid (*Vitis vinifera* L.), cultivo originario de regiones próximas a los mares Negro y Caspio (Asia), se considera como uno de los principales cultivos frutales del mundo, en función de las hectáreas cultivadas y el valor económico que este supone (Bouquet, Torregrosa, Locco, & Thomas, 2006). Según valores proporcionados por MAPAMA (2019), en España la superficie plantada de viñedo, según datos de Registro de cada comunidad autónoma en el año 2013, asciende a 957.573 has. Del total de la superficie nacional, el 85% corresponde a zonas potencialmente aptas para la elaboración de vinos DOP, y el 8% a IGP. El valor de la producción del sector del vino y el mosto asciende a 2.142,8 millones de euros, según la 2ª estimación de la Renta Agraria de 2013. Aportando el 8,02% de la Producción Vegetal, y casi el 4,8% de la Producción de la Rama Agraria.

Se trata de un cultivo altamente susceptible a numerosas enfermedades de origen fúngico, principalmente el oídio (*Uncinula necator*), mildiu (*Plasmopara viticola*) y podredumbre gris (*Botrytis cinerea*) (Galet, 1999). Estas enfermedades, de origen americano, se introdujeron en Europa en el siglo XIX, debido al transporte de cultivares entre América y Europa (Lissarrague et al., 2016; Pertot et al., 2017; Sivcev, Sivcev, & Rankovic-Vasic, 2010)

Dicha susceptibilidad provoca un importante costo en la producción y pérdidas económicas. Por esto, actualmente, se controlan mediante repetidas aplicaciones de productos fungicidas. En Europa, la viticultura hace uso del 33% de la cantidad total de sustancias activas fungicidas (excluyendo azufre inorgánico) destinados para la agricultura, convirtiéndose en una práctica con elevado coste productivo, además de perjudicial para la salud y el medio ambiente. Esto puede afectar a la imagen de la viticultura y, la aparición de cepas resistentes a dichas materias (Buonassisi et al., 2017) (Merdinoglu, Schneider, Prado, Wiedemann-Merdinoglu, & Mestre, 2018). Esto ocurre especialmente, en zonas con condiciones de clima templado-húmedo, donde aumenta la gravedad e incidencia de ataque. Piwi (2019), establece que cada año se realizan de 6 a 16 aplicaciones de productos fitosanitarios. Y, según datos de la EUROSTAT (Instituto Europeo de Estadística), se estimó que la Unión Europea utiliza alrededor de 68 mil toneladas al año de fungicidas para el control de enfermedades de la vid, ascendiendo al 65% de todos los fungicidas usados en la agricultura. En Italia, el costo anual para controlar el mildiu oscila entre 8 y 16 millones de euros por año, dependiendo de la presión de la enfermedad (Pedneault & Provost, 2016). A su vez, Sambucci, Alston, Fuller, and Lusk (2019) expone que, sobre la base de informes de uso de pesticidas del Departamento de Plaguicidas Reglamento California, se estiman los costos de todo el estado de la gestión de oídio, en 2015, en aproximadamente, 240 millones de dólares. Por otra parte, la gestión de oídio, en un 89% de las aplicaciones, se realiza en base a materiales restringidos

Algunos estudios predicen que menos del 0,1% de los fungicidas aplicados en los cultivos consiguen alcanzar al patógeno, mientras que el resto se acumula en los suelos o aguas superficiales, siendo tóxicos para microorganismos, fauna y seres humanos (Buonassisi et al., 2017). Como expone Pennington, Kraus, Alakina, Entling, and Hoffmann (2017), algunos productos químicos fitosanitarios son perjudiciales para las poblaciones de ácaros fitoseidos, que juegan un papel importante en el biocontrol de ácaros y otros artrópodos. En estos productos se incluyen las combinaciones de azufre y cobre, que son tan usados para combatir hongos patógenos en viñedos. La reducción de fungicidas y la poda mínima mejora las condiciones para la regulación natural de plagas dentro de la mesofauna de hojas de la vid. Conseguir dicha disminución no solamente reduciría el impacto de los productos en los cultivos y medio ambiente, sino que también contribuirá en la sostenibilidad de la agricultura. El uso de plaguicidas y reducción del hábitat son las principales causas de disminución de la biodiversidad en paisajes agrícolas. Estos niveles bajos de biodiversidad pueden comprometer los servicios

ambientales, tales como el control natural de plagas, y la polinización (Pennington, Reiff, Theiss, Entling, & Hoffmann, 2018).

Por otro lado, la producción de vino orgánico ha aumentado considerablemente en los últimos años y, representa casi el 5% de la producción total del mercado de vino actual. Esto se debe a que existe una mayor preocupación social por la salud, sumada a una mayor concienciación ambiental, por lo que la percepción general de los vinos orgánicos es más favorable que la de los vinos convencionales, donde se espera que estén libres de pesticidas sintéticos, fertilizantes u otros insumos que podrían presentar un riesgo en la salud humana y en el medio ambiente (Pedneault & Provost, 2016), por lo que cada vez toma mayor relevancia la comercialización de vinos sin residuos o “residuos cero” (Lissarrague et al., 2016).

La ONU ha relanzado recientemente un desafío para el desarrollo sostenible con su Programa para el Desarrollo Sostenible, Agenda 2030, donde propone 17 objetivos para este fin. Desde 1999 la preocupación institucional por la sostenibilidad en el sector vinícola ha sido abordada por la Organización Internacional de Uva y Vino (OIV) con una serie de resoluciones (la última fue en 2016) (Pomarici & Vecchio, 2019).

La directiva Europea 2009/128/CE establece en su artículo 14 las normas para el uso de fitosanitarios de un modo sostenible, con la reducción de su uso como aspecto fundamental. Desde el 1 de enero de 2014 el productor profesional debe tener en cuenta las disposiciones establecidas en el RD 1311/2012, en cuyo anexo I quedan reflejados los principios generales de la gestión integrada de plagas. En dicho anexo se indica que la prevención de plagas debe lograrse o propiciarse, entre otros medios, mediante la utilización, cuando proceda, de variedades resistentes o tolerantes debidamente normalizadas (Rousseau, Chanfreau, & Bontemps, 2013) (Lissarrague et al., 2016). La necesidad de evitar los efectos negativos de los plaguicidas químicos sintéticos sobre la salud humana y el medio ambiente, y las expectativas de los consumidores en términos de residuos químicos en los alimentos estimuló la investigación de herramientas y métodos para el manejo sostenible de plagas. El proyecto de investigación Pure ([www.pure-ipm.eu](http://www.pure-ipm.eu)) era un marco a escala europeo, que demostró que varias soluciones ya están disponibles para los productores, y evaluadas nuevas alternativas que están en desarrollo o casi listos para ser llevados a la práctica (Pertot et al., 2017).

La creación de estas variedades resistentes o tolerantes surgió en Francia tras la aparición de las enfermedades americanas, junto con la filoxera (*Dactylosphaera vitifolli*). Fue entonces cuando se observó que especies de vid americana como *V. rupestris*, *V. riparia* y *V. aestivalis*, no se veían afectadas por el ataque de estas (Lissarrague et al., 2016). En Europa a finales del siglo XIX, diferentes criadores de diversos países europeos han tratado de combinar las características de las variedades resistentes, las cuales proceden de especies originarias en América y Asia; y, las características de calidad de las variedades tradicionales europeas. Los primeros vinos obtenidos por los primeros híbridos quedaron descartados debido a su baja calidad, sin embargo, gracias a la investigación y los nuevos cruzamientos interespecíficos, se obtuvieron novedades y mejoras (Sivcev et al., 2010).

Estas nuevas variedades denominadas “PIWI” (del alemán: Pilzwiderstandsfähig, “resistente a enfermedades fúngicas”) o uvas resistentes a hongos (FRG), se usaron por primera vez en Francia desde 1880 hasta 1935, con objetivo de combinar la buena resistencia a las enfermedades de tipo fúngico y filoxera. Los nuevos cultivares, que se originaron a partir de 1950, se crearon a partir de variedades asiáticas (Piwi, 2019). Las primeras variedades obtenidas llevaban un significativo porcentaje “no *Vitis*” en su genética, considerándose como “híbridos interespecíficos”. Recientemente la selección asistida por marcadores, combinada con múltiples cruces de variedades de *V. vinifera* permitió el desarrollo de nuevas variedades con un porcentaje superior de *Vitis* (85%). Por esto, las variedades PIWI son aceptadas como variedades de *V. vinifera* en los catálogos europeos (Pedneault & Provost, 2016) (Sivcev et al., 2010). El

Reglamento (UE) 1308/2013 dicta que los nuevos híbridos ya están admitidos en la producción de vinos con una IGP, y su uso será probablemente permitido en la producción de vinos con Denominación de Origen tras la conclusión de la reforma política agrícola europea, actualmente en curso. Esta es una condición preliminar importante, pero el uso real de nuevas variedades en la producción de vinos DOP e IGP requerirá cambios en especificaciones de la PDO y vinos IGP (Pomarici & Vecchio, 2019) (Lissarrague et al., 2016).

Los principales marcadores genéticos que proporcionan resistencia a mildiu son rpv1, rpv3, rpv10 y rpv12; mientras que para el oídio son ren1, ren 3, run1. Sin embargo, dicha resistencia varía según la genética del cultivar y el emplazamiento (Pedneault & Provost, 2016). Las resistencias de las enfermedades no son necesariamente rasgos estables, puesto que la resistencia ofrecida por los genes de resistencia puede ser superada por una cepa virulenta del patógeno. Por lo tanto, la mayoría de los cultivares de variedades resistentes muestran cierta susceptibilidad a diferentes patógenos, incluyendo el oídio, mildiu, botrytis, y antracnosis. Estas enfermedades se controlan generalmente con fungicidas basados en azufre (Siegfried & Temperli, 2008). La aplicación de *Pyramiding* de genes de resistencia, es decir, la asociación de varios genes de resistencia dentro de una misma variedad, capaces de controlar una amplia gama de cepas de patógenos, y la combinación de diversos mecanismos de defensa podrá aumentar la durabilidad de la resistencia. Esta durabilidad también dependerá de las condiciones ambientales y las prácticas culturales, que influyen en el desarrollo de las poblaciones de patógenos (Merdinoglu et al., 2018).

Para la viticultura biológica e integrada, las variedades resistentes a enfermedades fúngicas proporcionan una mayor garantía de cumplimiento, además de diversos beneficios ambientales. Estas variedades necesitan menos tratamientos pesticidas, disminuyendo significativamente la aplicación de cobres, que aumenta indirectamente la compactación del suelo, los costos de producción y la huella de carbono generada por la protección de cultivos, representando así, una alternativa potencial para controlar dichas enfermedades, diferente a la encontrada en viñedos administrados de acuerdo a los principios de gestión integrada de plagas o producción orgánica (Buonassisi et al., 2017) (Van der Meer, Weibel, Levite, Häseli, & Vombach, 2010) (Pomarici & Vecchio, 2019).

Un estudio realizado por el INRA, estimó que el uso de variedades resistentes a mildiu y oídio daría como resultado una reducción en los costes de tratamiento de hasta el 52% (Galbrun, 2008). Según Pedneault and Provost (2016), en otra investigación que incluyó 183 variedades cultivadas en seis países europeos diferentes, el número total de tratamientos con fungicidas se redujo en un 73-82% en cultivos orgánicos, siendo viñedos con una presión de enfermedad baja y media, respetivamente. Un resultado similar se obtuvo también en un estudio que incluyó 65 viñedos alemanes bajo manejo ecológico (Rousseau et al., 2013).

Un estudio presentado por Fuller, Alston, and Sambucci (2014) calculó las diferencias entre los costes de producción ligados a variedades convencionales y resistentes, llegando a la conclusión de que este tipo de cultivares puede llegar a suponer el ahorro de hasta 48 millones de dólares por año en la región de California (zona de estudio).

Por otro lado, en cuanto a su rendimiento, variedades resistentes de hongos son generalmente más vigorosas y, proporcionan por tanto, una mayor productividad (Reynolds & Vanden Heuvel, 2009).

Durante el último siglo, se ha logrado conseguir más de 6.000 híbridos, registrados en Europa (Buonassisi et al., 2017). Sin embargo, la comercialización del vino de dichas variedades es prácticamente nulo en el mercado del vino, situación que limita su expansión, debido a su desconocimiento en el consumidor (Pedneault & Provost, 2016). Además, Los consumidores, tienen una fuerte conciencia de la variedad y el origen geográfico del vino que consumen. Este conocimiento, puede provocar la resistencia a la aparición de nuevas variedades. Por esto, los

viveros buscan proporcionar con las variedades PIWI, las cualidades organolépticas, que las sitúen cerca de las variedades tradicionales (Van der Meer et al., 2010).

En una encuesta de 255 bodegas que cultivan variedades PIWI (25% de ellas bajo manejo orgánico), el 40% de los encuestados señaló el problema de su desconocimiento como la mayor desventaja en su comercialización. Además, como estas contienen genes no *V. vinifera*, pueden sufrir la percepción de que se producen vinos de baja calidad. Sin embargo, estudios recientes demostraron que la calidad de los vinos es, generalmente equivalente a la producida por variedades convencionales (Pedneault & Provost, 2016).

En una encuesta realizada por Van der Meer et al. (2010), tras llevar a cabo una cata, el análisis estadístico reveló que un tercio de los 69 vinos PIWI, a estudiar y juzgados por los expertos en enología, obtienen una mención de “buena a excelente”, confirmado por compradores profesionales. El estudio comparativo de los consumidores confirmó la aceptación de estos, donde un 70-90% de los encuestados consideró que el vino es igual o mejor que los vinos de referencia (variedades tradicionales).

Cuestiones técnicas relacionadas con el riesgo de reducción de la biodiversidad, y la aparición de nuevas enfermedades, pueden provocar la aceptación de los consumidores a dichas variedades, que pueden determinar una segmentación de la oferta, por un lado, encontraremos vinos de naturaleza sostenible procedentes a dichas variedades, y por otro lado, vinos procedentes del manejo tradicional (Pomarici & Vecchio, 2019).

## **1.2. La viticultura del futuro**

Muchos programas de variedades se centran en la resistencia a diferentes agresores. Este enfoque de prioridad se corresponde con las expectativas de la sociedad (limitación de insumos fitosanitarios). Sin embargo, las nuevas variedades tendrán un potencial mayor, combinando la resistencia a las diferentes plagas, con adaptaciones a limitaciones climáticas, producciones y factores de competitividad cuantitativos, como son: fácil manejo, longevidad de los viñedos, etc.

El desarrollo de los conocimientos relacionados con el genoma y su regulación debe permitir en el futuro cercano, ofrecer a los investigadores y criadores más herramientas, y más eficientes para lograr estos objetivos múltiples (Yobregat, 2018).

El cambio climático se caracteriza por la aparición de altas temperaturas, regímenes de precipitación alterados y aumentos en la frecuencia de eventos extremos. Muchos estudios han investigado los probables impactos del cambio climático en el crecimiento y el rendimiento de las plantas agrícolas en todo el mundo. Los patógenos de las plantas pueden responder específicamente al cambio global, debido a los cortos tiempos de generación, y a los mecanismos de dispersión. Debido a la alteración de los regímenes de temperatura y precipitación, este cambio puede alterar las etapas de crecimiento y/o las tasas de desarrollo en el ciclo de vida y patogenicidad de estos, así como modificar la fisiología y la resistencia de las plantas huésped. Un estudio encontrado de Salinari et al. (2006) buscó evaluar los impactos del cambio climático sobre la presión de las infecciones por mildiu en la vid. Se hizo uso de un modelo empírico para simular la presión de la enfermedad en escenarios futuros, que fue desarrollado a partir de datos del periodo histórico 1955-1989. Ese modelo utiliza la precipitación diaria, y la temperatura del aire para estimar la presión de la enfermedad y clasifica los años en tres grupos, en función del número de tratamientos realizados. Finalmente, los modelos de cambio pronosticados consistieron en aumentos de temperatura y disminuciones en la precipitación durante los meses de mayo y junio. Además, los escenarios de presión futura de mildiu en vid indicaron un aumento potencial del impacto de dicho patógeno en la zona de estudio. Como *Plasmopara viticola* depende de la humedad durante su ciclo, fue inesperado dicho aumento de presión epidémica bajo condiciones de clima menos lluvioso. Estos análisis



encontraron que el impacto del aumento de la temperatura en la mejora de la presión de la enfermedad excedió el efecto limitante de la reducción de la lluvia. Desde el punto de vista biológico, una temperatura más alta puede compensar la duración reducida de la humedad. Además, esta provoca la aceleración de la germinación de las oosporas cuando los residuos de la hoja están húmedos sobre la superficie del suelo, compensándose con una menor humedad.

Actualmente, en España, los únicos campos de experimentación con variedades PIWI se encuentran en Viñas del Vero (lugar donde se ha realizado dicho estudio), Olite y el valle de Baztán (Navarra) (Lissarrague et al., 2016). Todos ellos fueron plantados en el año 2015, y no hay datos sobre su producción y/o uso de productos fitosanitarios.

### 1.3. *Objetivos del Proyecto*

El objetivo principal del presente Trabajo Final de Grado es el estudio del comportamiento de diferentes variedades de vid, denominadas PIWI (*Sauvignon Kretos*, *Souvenir gris* y *Muscaris*), frente a las principales enfermedades de la vid, durante la campaña 2018. Además se buscará dar finalidad al proyecto iniciado en la campaña 2016, a la cual precedieron las campañas 2017 y 2018, realizando el estudio comparativo entre estas, su evolución; y, proporcionar una conclusión final a dicho estudio.

El proyecto se ha realizado en la bodega Viñas del Vero, de la D.O. Somontano, con unas variedades clasificadas como resistentes a mildiu (*Plasmopara viticola*), oídio (*Uncinula necator*) y podredumbre gris (*Botrytis cinerea*).

Para realizar dicho estudio, se han establecido los siguientes objetivos o pautas:

- Estudio de la adaptación agronómica de los cultivares al medio climático y edáfico de la comarca del Somontano.
- Comprobar la verdadera resistencia inherente del material en condiciones reales de cultivo.
- Verificar la estabilidad del material vegetal y su resistencia en el tiempo a presiones de enfermedad crecientes.
- Comparar las características de dichas variedades frente a las de una variedad convencional.
- Analizar los perfiles organolépticos de la producción de estas tres variedades en la medida en que su producción lo haga posible.

### 1.4. *Información sobre las enfermedades objeto de estudio*

#### 1.4.1. *Mildiu (P. viticola)*

Se trata de una enfermedad fúngica producida por el hongo oomiceto *Plasmopara viticola*, perteneciente a la familia *Peronosporaceae*. Es originaria de América del Norte, y su detección en España (Barcelona) se produjo en torno a 1880.

El “mildiu”, “mildeo” o “mildeu”, aunque también conocido como “niebla” o “añublo”, es un endoparásito conocido en todo el mundo por los graves daños que puede provocar cuando se producen condiciones climáticas favorables para su reproducción, puesto que puede atacar a todos los órganos verdes de la vid.

Aunque las pérdidas económicas debidas a dicho ataque pueden ser notorias, actualmente el riesgo es menor debido al conocimiento de su ciclo biológico, la existencia de diversos productos sistémicos y penetrantes, y la mejor preparación de los viticultores.

#### 1.4.1.1. Ciclo biológico

El mildiu ocupa el espacio intercelular de los tejidos que ataca. Este se conserva durante el invierno en forma de oospora o huevo de invierno, en hojas y restos vegetales en el suelo. El proceso de maduración de estos huevos de invierno se relaciona con las temperaturas y las precipitaciones, de forma que, los inviernos suaves y lluviosos aceleran y favorecen dicha maduración. El ciclo biológico de dicho hongo se produce de la siguiente forma, en las siguientes fases:

*Fase de contaminación:* en primavera, cuando el terreno ha estado lo suficientemente húmedo, la temperatura es superior a 12 °C, y existe lluvia de al menos 10 mm durante 1 o 2 días (lluvia contaminatriz), se produce la maduración de las oosporas (fase sexual), donde germinan emitiendo unos órganos, denominados macroconidios, los cuales son portadores, en su extremidad de un saco (macroconidia), que contiene las zoosporas (gérmenes microscópicos móviles provistos de 2 cilios). Estas zoosporas al ser depositadas sobre los órganos verdes de la cepa pueden germinar y penetrar a través de un estoma, siendo imprescindible para ello la presencia de agua líquida (Barrios et al., 2004). Así se produce una contaminación primaria, para la que se necesita aproximadamente unos 10 °C de temperatura, 10 cm de brotación y 10 mm de lluvia en un día (Barrios & Reyes, 2004).

*Fase de incubación:* El micelio se extiende de forma intercelular gracias a una red de filamentos (haustorios) con los que extrae las sustancias nutritivas de las células, hasta que finaliza su desarrollo. Al finalizar dicho periodo, aparecen en el haz de las hojas unas manchas de color verde pálido (manchas de aceite) que se corresponden con una pelusilla blanquecina en el envés. El periodo de incubación no es visible, y su duración es de entre 4 y 21 días, en función de las temperaturas y de la humedad relativa.

*Fase de esporulación:* Momento en el que se produce la fructificación asexual; los conidióforos producen los conidios mediante los que se propaga el hongo durante el periodo vegetativo del cultivo.

*Fase de propagación:* los conidios transportados por lluvia o viento, son diseminados y, si encuentran las condiciones necesarias, producirán las zoosporas que iniciarán la contaminación secundaria. Las condiciones óptimas para que se produzca esta contaminación son: presencia de conidios y agua líquida (lluvia o humectación de las hojas superior a 2 horas). La temperatura también es un factor condicionante para el desarrollo del hongo, puesto que temperaturas inferiores a 12 °C impiden la maduración de las oosporas; y las superiores a 30 °C inhiben el poder germinativo de las conidios. El viento también favorecerá la diseminación de estas (Barrios et al., 2004)

#### 1.4.1.2. Sintomatología

El mildiu puede afectar a todos los órganos verdes de la cepa, localizándose preferentemente en los siguientes:

En *hoja* los síntomas se manifiestan con unas manchas conocidas como “manchas de aceite” en el haz, que se corresponde en el envés con una pelusilla blanquecina característica, que constituye la fructificación asexual del hongo, y se produce cuando existe humedad. Si se produce un ataque fuerte, puede aparecer una desecación parcial o total de las hojas, e incluso una defoliación prematura, repercutiendo así tanto en calidad como cantidad de cosecha. Al final del ciclo vegetativo, el crecimiento interno del micelio está limitado por los nervios de las hojas, formando así manchas reticuladas con aspecto de mosaico.

En *racimo* el periodo de floración a cuajado es el más peligroso. En la proximidad a la floración los síntomas se manifiestan en una curvatura en forma de S, el oscurecimiento del raquis, y su

posterior recubrimiento de una pelusilla blanquecina, siempre que el tiempo sea húmedo. De la misma forma ocurre en flores y granos cuajados. Cuando los granos superan el tamaño de un guisante no se oscurece ni aparece pelusilla blanquecina, sino que se arrugan y finalmente, se desecan, conociéndose como “mildiu larvado” (Barrios et al., 2004; Barrios & Reyes, 2004).



**Figura 1.** Mildiu: sintomatología en hoja. Manchas de aceite en el haz y fructificación en el envés (Elaboración propia)



**Figura 2.** Mildiu: sintomatología en racimo. Oscurecimiento y pelusilla blanquecina (Elaboración propia)



**Figura 3.** Mildiu larvado (Elaboración propia)

#### 1.4.1.3. Estrategias de lucha

La estrategia de protección consiste en tratar en el momento oportuno para impedir o detener la germinación de las zoosporas. Este momento dependerá de las condiciones climáticas, y del momento fenológico en el que se encuentra la vid, pudiendo ser más susceptibles a dicho ataque. Los estados en los que existe dicha susceptibilidad son los siguientes:

- Racimos visibles y mayoría de brotes con una longitud igual o superior a 10 cm.
- Comienzo de floración.
- Granos tamaño guisante.

Además, se recomienda realizar determinadas prácticas, como las que se describen a continuación:

- Poda en verde que facilite la ventilación de la vid.
- Destrucción de los restos de poda anterior en lugar de enterrarlos como abono.
- Control químico con productos fitosanitarios, como cobre y productos sistémicos.
- Uso de equipos climáticos específicos como estaciones que nos permitan predecir el riesgo.

El sistema tradicional ha consistido en efectuar los tratamientos preventivos en fechas fijadas por el calendario, con escaso criterio técnico objetivo. Este sistema suponía efectuar un gran número de tratamientos, y no siempre situados en el momento donde son efectivos. Actualmente, los modelos de mildiu, gracias al conocimiento de su ciclo biológico y el comportamiento del hongo, se basan en el seguimiento de las condiciones meteorológicas que los condicionan, y proporcionan diferentes modelos predictivos, los cuales cubren los siguientes momentos del ciclo biológico:

*Maduración de las esporas de invierno:* se trata de una valoración generalmente cualitativa del momento en que las esporas están maduras y son capaces de germinar y producir contaminación. Alguno de estos modelos añade también la valoración cuantitativa sobre la agresividad que pueden tener las primeras contaminaciones.

*Inicio de infecciones secundarias:* según la temperatura y horas de rocío, valora la posibilidad de que se produzcan dichas infecciones.

*Duración del periodo de incubación:* el más utilizado es el modelo *Goidanich*, y por lo tanto, el utilizado mayoritariamente por las Estaciones de Avisos Agrícolas (Barrios & Reyes, 2004).

También existen otros modelos de previsión (EPI, POM, PCOP, PLASMO, BLAESER, etc.) que se están desarrollando en diferentes países europeos, y que es necesario adaptarlos a cada zona vitícola española. Estos modelos vienen incorporados, generalmente, en una estación agrometeorológica automática (Barrios et al., 2004). En España, los modelos Goidanich y EPI son los más frecuentes:

El *modelo Goidanich* consiste en el cálculo de cada ciclo teórico de infección al día siguiente de existir condiciones favorables (oosporas maduras, brotes de aproximadamente 10 cm, lluvia superior a 10mm y  $T_m$  superior a 12 °C) y se termina cuando se alcanza un 100% de desarrollo acumulado, momento en que el período de incubación teórico finaliza y la contaminación del hongo se evidencia por la aparición de las manchas de aceite, y la fructificación asexual.

Constatada la primera infección procedente de las oosporas invernantes, para seguir la evolución del hongo, es necesario conocer diariamente la temperatura media ( $T_m$ ), la humedad relativa media ( $HR_m$ ), la humectación de las hojas (horas) y la lluvia (mm). En la Tabla 1, Goidanich establece la evolución diaria, en la cual, por cada temperatura, se fija un crecimiento diario del hongo según la  $HR_m$  sea alta o baja (Elbaile, 2016).

Define que la  $HR_m$  es alta en los días nublados con diferencia térmica baja, y  $HR_m$  baja es la que se produce en los días serenos con diferencia térmica alta. Por tanto, la Tabla 1 consta de dos columnas por cada  $T_m$ , una cuando la  $HR_m$  es inferior al 75% y la otra cuando es superior al 75%, proporcionando dos valores numéricos de desarrollo diario para una misma temperatura según sea la  $HR_m$ .

Según Barrios and Reyes (2004), la estrategia seguida por dicho modelo debe de tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Es necesario disponer de una red de estaciones meteorológicas, suficientemente extensa, que nos permita recoger las diferencias climáticas de una zona vitícola.
- La localización de las primeras manchas de mildiu se convierte en un factor básico para el éxito del sistema, puesto que nos informará sobre la aparición de infecciones primarias.
- A excepción del periodo de floración, periodo más sensible, se aconseja realizar tratamientos preventivos antes de que pueda producirse la germinación de las zoosporas.
- Cuando existe presencia de manchas y fructificaciones de diferentes infecciones, la aparición y germinación de zoosporas será constante, con ciclos solapados sobre el vegetal, dificultando el control. En este caso, los tratamientos a realizar deberán de ser mixtos, uniendo tratamientos preventivos y curativos.

**Tabla 1.** Tanto por ciento diario de desarrollo de mildiu según el modelo Goidanich (Barrios et al., 2004)

Temperatura media (°C)		% diario de desarrollo ( $HR_m < 75\%$ )	% diario de desarrollo ( $HR_m > 75\%$ )
<b>12,</b>	00	0,00	5,25
	25	4,40	5,75
	50	4,70	6,20
	75	5	6,70
<b>13,</b>	00	5,30	7,10
	25	5,70	7,70
	50	6,00	8,00
	75	6,30	8,50
<b>14,</b>	00	6,60	9,00
	25	6,80	9,40

	50	7,10	9,70
	75	7,30	10,20
<b>15,</b>	00	7,60	10,60
	25	7,80	10,80
	50	8,10	11,10
	75	8,30	11,30
<b>16,</b>	00	8,50	11,70
	25	9,00	12,00
	50	9,30	12,50
	75	9,60	12,90
<b>17,</b>	00	10,00	13,25
	25	10,30	13,60
	50	10,50	14,30
	75	10,75	14,75
<b>18,</b>	00	11,10	15,30
	25	12,90	15,20
	50	13,40	16,00
	75	13,70	16,30
<b>19,</b>	00	12,50	16,60
	25	12,90	17,50
	50	13,40	18,30
	75	13,70	19,30
<b>20,</b>	00	14,20	20,00
	25	14,50	20,50
	50	14,80	21,00
	75	15,00	21,50
<b>21,</b>	00	15,30	22,20
	25	15,70	22,20
	50	16,00	22,20
	75	16,30	22,20
<b>22,</b>	00	16,60	22,20
	25	17,00	22,60
	50	17,30	23,50
	75	17,70	24,40
<b>23,</b>	00	18,10	25,00
	25	18,10	25,00
	50	18,10	25,00
	75	18,10	25,00
<b>24,</b>	00	18,10	25,00
	25	17,70	24,30
	50	17,30	23,50
	75	17,00	23,20
<b>25,</b>	00	16,60	22,20

Nota: a partir de 25 °C el desarrollo es constante

El *modelo EPI* se desarrolló en la región de Burdeos (Francia). Este se basa en la combinación de dos ecuaciones matemáticas para calcular el potencial de infección del patógeno (Caffi, Rossi, Cossu, & Fronteddu, 2007).

Cada período invernal calculado se inicia con  $EPI=0$ , considerando en iguales condiciones la espora de partida. El cálculo se inicia en el mes de octubre y finaliza en el mes de marzo. Al final de cada mes se obtiene un valor de EPI que se va acumulando. En marzo se obtiene un valor final comprendido entre  $-20$  y  $+20$ , el cual da una estimación del porcentaje de huevos de invierno (oosporas) viables. Esta información da una previsión teórica sobre la frecuencia probable de focos primarios (Barrios et al., 2004).

#### 1.4.2. Oídio (*U. necator*)

Se trata de una enfermedad de origen fúngico, producida por el hongo ectoparásito *Uncinula necator*, el cual pertenece a la familia *Erysiphaceae*. Es originaria de América del Norte, y actualmente está ampliamente extendida en España. Cuando se producen las condiciones deseables para su desarrollo puede ocasionar, en variedades sensibles y en zonas propensas, la pérdida total de la cosecha.

Recibe diferentes nombres, como son: “ceniza”, “cenicilla”, “polvillo”, “roya” o “blanqueta”, entre otras.

##### 1.4.2.1. Ciclo biológico

El hongo inverna principalmente como micelio en el interior de las yemas, pudiendo hacerlo también en los sarmientos y en las hojas, cuya forma es denominada periteca o cleistoteca. Al comienzo de la brotación de la vid suelen darse condiciones adecuadas para que este salga del letargo en el que se encuentra, y comience su desarrollo. El micelio se encuentra en el exterior de los tejidos vegetales (ectoparásito). Se mantiene adherido a estos gracias a unos órganos prensores y chupadores (haustorios), a través de los cuales extrae el alimento de las células.

Cuando el micelio alcanza la madurez, comienza la reproducción asexual, formando una gran cantidad de conidias, las cuales transportadas por el viento, se instalarán sobre cualquier órgano verde de la vid, siempre y cuando las condiciones climáticas sean las adecuadas para dicho proceso. Así se constituirán los focos primarios de la infección.

Tras finalizar la vegetación, el desarrollo del hongo se detiene, pudiendo conservarse durante el invierno ya sea en forma de micelio en el interior de las yemas, protegido por las escamas (fase asexual); o, en forma de peritecas en sarmientos u hojas (fase sexual).

Según Barrios et al. (2004) existen diferentes factores externos que tienen influencia y condicionan el desarrollo del hongo, como son:

- La temperatura es el factor climático más influyente en su desarrollo. A partir de los 15 °C comienza a ser favorable para su progreso vegetativo y por tanto, su propagación. El óptimo se alcanza entre los 25 y los 28 °C, produciéndose la detención del desarrollo a los 35 °C, y siendo letales las temperaturas superiores a 40 °C.
- La humedad ambiental alta favorece la germinación de las conidias. Al contrario que en el caso del mildiu, las lluvias abundantes frenan su desarrollo.
- La insolación también influye en su desarrollo, aunque en menor medida que los anteriores



#### 1.4.2.2. Sintomatología

El oídio, al igual que el mildiu, puede atacar a todos los órganos verdes de la vid:

En *hoja*, los síntomas pueden aparecer tanto en el haz como en el envés; en ambos se puede observar un polvillo blanco ceniciento, que puede verse limitado en zonas u ocupar toda la superficie de la hoja, y bajo este, podemos apreciar puntos necrosados. Al inicio del ataque se manifiestan manchas de aceite en el haz, recordando a la sintomatología encontrada en el mildiu, pero suelen ser más pequeñas y no muestran la pelusilla blanca en el envés tras ellas. En casos de ataque intenso, las hojas aparecen crispadas o abarquilladas, y son recubiertas del polvillo tanto por el haz como por el envés.

En *brotos y sarmientos*, los síntomas se manifiestan como manchas difusas de color verde oscuro, pasando a tonos de color chocolate a medida que avanza la vegetación, y tornándose a negruzcos al endurecer el brote.

En *racimo* aparecen los daños más importantes, ya que un ataque fuerte ocasiona la detención del crecimiento de la piel, provocando grietas que pueden llegar a rajar los granos, y provocan daños directos en cantidad y calidad de cosecha. Además se producirían daños indirectos puesto que favorecería la penetración del hongo *Botrytis cinerea*. Al inicio, los granos aparecen con un cierto tinte plomizo, recubriéndose de polvillo ceniciento (Barrios et al., 2004).



**Figura 4.** Oídio: sintomatología en hoja. Manchas de aceite en el haz (Elaboración propia)



**Figura 5.** Oídio: sintomatología en racimo. Polvillo ceniciento y granos rajados (Elaboración propia)



### 1.4.2.3. Estrategias de lucha

La sensibilidad al oídio es diferente en cada variedad, pero el periodo más sensible es el comprendido entre el inicio de floración (I) y cuajado (J) / engorde del grano (K.L). Según Ministerio de Agricultura (2014) y Barrios et al. (2004), las medidas o estrategias de lucha a seguir son las siguientes:

- Poda en verde, eliminación de pámpanos, desnietado y deshojado a nivel de racimos. Esta práctica facilitará la penetración de los tratamientos fitosanitarios, y la aireación. En el control de oídio, es muy importante que el producto llegue al racimo.
- Destrucción de la madera de poda afectada, eliminando cualquier foco de contaminación.
- Lucha química. Este es el único medio de protección encontrado actualmente.

Los momentos oportunos de tratamiento en variedades sensibles, y en años normales son los siguientes:

- Cuando los racimos se hacen visibles (en el estado fenológico F), teniendo la mayoría de los brotes entre 5 y 10 cm.
- Al comienzo de la floración (inicio del estado fenológico I).
- Con granos tamaño guisante.
- Al inicio de envero (5-10% de granos cambiando de color).

Del mismo modo que en mildiu, encontramos diferentes modelos predictivos para prevenir el ataque, o poder conocer el momento exacto en el que este puede suceder, y realizar las aplicaciones pertinentes en el momento exacto. Actualmente, los modelos más desarrollados, según la bibliografía citada, son los siguientes:

*Modelo de Gubler:* este modelo está basado en la medición de temperaturas de la vegetación, en el comienzo de la brotación. Se estableció como temperatura óptima para la reproducción, infección y avance de la enfermedad el rango comprendido entre 20 y 30 °C (Gubler, Rademacher, & Vasquez, 1999).

Una parte del modelo pronostica la liberación de ascosporas en función de la humedad y temperatura de la hoja. Generalmente, se requieren al menos de 12 a 15 horas de humedad continua en hoja, con una temperatura de entre 10 y 15 °C.

Una vez se ha producido la infección, el modelo cambia a la fase de evaluación del riesgo, basándose completamente en el efecto de la temperatura sobre la tasa de reproducción del patógeno (Thomas, Gubler, & Leavitt, 1994). Este índice de riesgos sigue una escala de 0 a 100, donde se cumple lo siguiente: el índice comienza en cero el primer día, y se van agregando 20 puntos por cada día con 6 o más horas continuas entre 20 y 30 °C. Se deberá restar 10 puntos de riesgo cuando en un día las horas a esa temperatura son menos de 6 o cuando las temperaturas alcanzan los 33 °C o más. Si este índice alcanza el valor de 60, es cuando se presentará la epidemia (Puelles).

**Tabla 2.** Índice de riesgo y uso de tratamiento químico en oídio (Thomas et al., 1994)

<b>Índice de 0 a 30</b>	No se realizan aplicaciones químicas, ya que no se ha producido la reproducción del patógeno.
<b>Índice de 40 a 50</b>	Las aplicaciones se efectúan a intervalos normales, ya que el ciclo reproductivo del patógeno se completa en, aproximadamente, 15 días.
<b>Índice de 60 a 100</b>	El intervalo de aplicaciones se acorta para ajustarlo a un ciclo de reproducción del hongo de 5 días.

*Modelo de M.A. Sall:* este modelo está basado en el uso de las temperaturas máximas y mínimas diarias. Para ello se hace uso de una tabla predefinida que cruza las temperaturas máximas con las mínimas diarias, estableciendo unos valores de oídio en función de las mismas (Ausín & Rodrigues, 2015).

#### 1.4.3. Podredumbre gris (*B. cinerea*)

Se trata de una enfermedad fúngica causada por el hongo polígamo *Botrytis cinerea*, que se encuentra presente en todos los viñedos españoles, causando los daños más importantes en la zona del norte y mediterráneo, debido a las condiciones climáticas favorables, tanto en temperatura como en humedad. Es conocido por diferentes nombres, entre los cuales podemos destacar “botrytis”, “podrido”, “podredumbre gris” o “podrit”. No se trata de un hongo específico, puesto que afecta a muchas plantas silvestres y cultivadas (Ministerio de Agricultura, 2014). En general, esta enfermedad afecta a la cantidad y a la calidad de la cosecha obtenida (Barrios et al., 2004).

##### 1.4.3.1. Ciclo biológico

El hongo se conserva durante el invierno principalmente en forma de esclerocios sobre los sarmientos en forma de manchas negras alargadas, o como micelio en las grietas de la madera y en yemas.

En primavera, cuando las condiciones son favorables en humedad y temperatura, se produce la maduración de los órganos de conservación, que originan conidióforos portadores en su extremidad de conidias. Estas son diseminadas por diferentes factores (viento, lluvia, etc.), y germinan, produciendo la contaminación de los órganos verdes de la cepa. El número de conidias presentes en el aire es máximo durante el periodo que abarca desde enero a maduración.

Las conidias penetran en los tejidos vegetales de forma directa a través de heridas. Sin embargo, aunque los granos no presenten heridas, durante el periodo de maduración los racimos presentan una máxima sensibilidad debida a la concentración de azúcares en los granos, los cuales son una base nutritiva favorecedora para el desarrollo del hongo. Antes de dicha maduración, en el hollejo de los granos, se encuentran sustancias que inhiben la germinación, impidiendo su paso.

Tras producirse la penetración en el interior del órgano afectado, se produce el micelio que, tras destruir el tejido parasitado, sale al exterior produciendo conidióforos con conidias que al principio son de color blanco, pero pasados unos días adquieren el color típico grisáceo que da el nombre a dicha enfermedad.

Los factores climáticos tienen una gran influencia en el desarrollo del hongo. La humedad es necesaria para que se produzca la germinación de las conidias, la cual se produce con temperaturas próximas a los 18 °C, aunque puede producirse con temperaturas comprendidas entre 0 y 40 °C. Las condiciones climáticas óptimas para su desarrollo son temperaturas de 25 °C y una humedad relativa del 75% (Barrios et al., 2004).

##### 1.4.3.2. Sintomatología

La podredumbre gris puede afectar a todos los órganos verdes de la vid, pero principalmente a los racimos.

En *hoja* los síntomas se manifiestan, al final de la primavera y antes de floración, como manchas necróticas de contorno irregular, color pardo-rojizas, y frecuentemente localizadas en el margen

del limbo. Si el tiempo es húmedo, aparece sobre estas un polvillo gris (Ministerio de Agricultura, 2014).

En *brotos jóvenes* y *sarmientos* los principales síntomas son la aparición de manchas alargadas de color chocolate, que se recubren por una pelusilla gris si el tiempo es húmedo. Los ataques fuertes pueden provocar la pérdida de brotes jóvenes, produciéndose una disminución de la cosecha, y la afección a yemas de la base de los sarmientos que no brotaran al año siguiente (Barrios et al., 2004).

En *racimos*, durante el periodo comprendido de floración a cuajado, el hongo puede invadir las inflorescencias, provocando su pudrición y posterior caída. En el final de la floración también puede afectar a los capuchones florales, extendiéndose al raquis y produciendo manchas de color achocolatadas (Ministerio de Agricultura, 2014). Durante el periodo de envero a recolección, los granos presentan pudriciones y, sobre la superficie se desarrolla el moho de color grisáceo. También pueden manifestarse sobre el raspón del racimo e inflorescencias los síntomas descritos.

Los ataques en ambos periodos pueden ocasionar una disminución importante en la cosecha. Además, en el periodo envero-recolección se ocasiona una disminución de la calidad de los vinos, puesto que se degrada la materia colorante, la destrucción de la película que contiene las sustancias aromáticas, el aumento de fijación del  $\text{SO}_4$  en los vinos y el aumento de la acidez volátil (Barrios et al., 2004).



**Figura 6.** Podredumbre gris: sintomatología en hoja e inflorescencia (Ministerio de Agricultura, 2014)



**Figura 7.** Podredumbre gris: sintomatología en racimo. Aparición de podridos y polvillo característico (Ministerio de Agricultura, 2014).

#### 1.4.3.3. Estrategias de lucha

La estrategia a seguir es diferente para cada zona y variedad. Entre ellas encontramos las siguientes:

Métodos de protección *culturales*:

- Evitar el vigor excesivo disminuyendo los abonos nitrogenados, realizando una poda equilibrada y desnietado cercano a floración, o deshojado cercano a envero; y, eligiendo un portainjertos no vigoroso, ni marcos de plantación demasiado estrechos.
- Evitar variedades de racimo compacto.
- Quemar los restos de poda.
- Evitar ataques de otros parásitos que puedan provocar heridas y facilitar la penetración de este.

Métodos de protección *biológicos*: uso del hongo *Trichoderma* spp., antagonista de *Botrytis cinerea*.

Métodos de protección *químicos*: realizar la aplicación de productos químicos sistémicos. Para obtener una buena eficacia es necesario el uso de maquinaria con presión suficiente que produzca gotas de pequeño tamaño, y que moje bien ambas caras del racimo (Barrios et al., 2004).

A través de los datos proporcionados por el clima, el parásito y la planta, se han podido establecer tres modelos preventivos, indicando en cada uno de ellos el momento de actuación contra dicho hongo. Estos modelos son los siguientes:

*Método estándar*: consiste en aplicar cuatro tratamientos preventivos fijos en los siguientes estados fenológicos según Barrios et al. (2004):

- Caída de capuchones florales (cuajado).
- Granos tamaño guisante (cerramiento del racimo).
- Inicio del envero.
- Veintiún días antes de la recolección.

*Método 15-15*: consiste en realizar tratamientos desde el inicio de la floración hasta 21 días antes de la recolección siempre que exista un periodo de humectación igual o superior a 15 horas y la temperatura durante ese periodo sea igual o superior a 15 °C, dejando entre dos tratamientos como mínimo un intervalo de 10 días (Lucas Espadas, 2008).

*Modelo EPI*: consiste en calcular, mediante unas fórmulas que cuantifican la interacción entre clima-parásito-planta, el EPI en cada uno de los momentos fenológicos indicados para el método estándar, y observando si el EPI en unos estados fenológicos concretos supera unos determinados valores (Barrios et al., 2004).

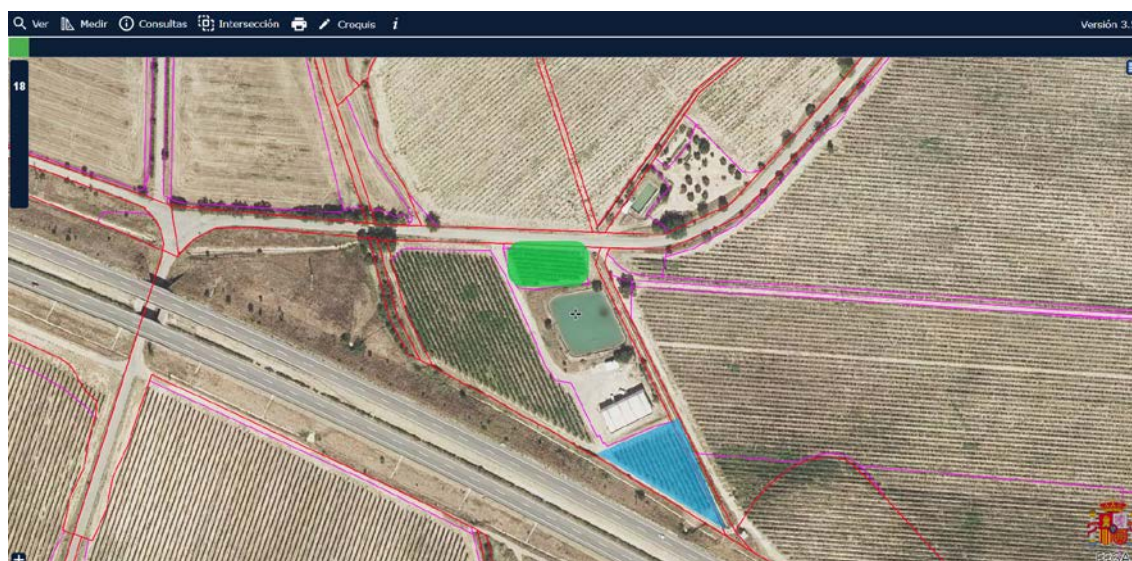
## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Localización

El viñedo experimental, donde se ha realizado dicho estudio, se localiza en una parcela propiedad de Viñas del Vero S.A., en el término municipal de Barbastro. Concretamente, la partida donde se encuentra, se denomina “Las Almunietas”.

Las coordenadas UTM de la parcela son las siguientes: X = 261706 Y = 4652417, Huso 31.

A continuación, en la Figura 8, se puede observar el plano de localización de la parcela, así como su división. En la parte superior encontramos, sombreada en color verde, la parcela denominada como “Parcela 1”; y, en la parte inferior, sombreada con el color azul, encontramos la “Parcela 2”.



**Figura 8.** Distribución de las parcelas objeto de estudio. ("SIGPAC," 2019)

### 2.2. Climatología y edafología

El territorio que comprende la D.O. Somontano se caracteriza por presentar un clima mediterráneo continental con una tendencia creciente a la sequedad hacia el sur y el este, siendo más frío y húmedo hacia el norte, donde aumenta la altitud. Los inviernos son fríos y los veranos calurosos, con cambios bruscos de temperatura al final de la primavera y del otoño (junio y noviembre) (Badía, Cuchí, Martí, & Casanova, 2006).

La pluviometría tiene su máximo estacional en primavera, con un segundo máximo relativo en otoño, siendo el periodo más seco el verano.

La precipitación media de la zona oscila entre los 400 mm y los 800mm anuales (Badía et al., 2006). Según los datos obtenidos para el año 2018, a partir de los datos proporcionados en la Oficina del Regante, en el municipio de Barbastro ("SARGA," 2019), esta precipitación asciende a 700mm anuales.

Con respecto a la temperatura media anual, obtenida de la misma forma según los datos aportados por la estación meteorológica de la Oficina del Regante, es de 14,4 °C.

La evapotranspiración anual (calculada según el método de Thornthwaite) oscila entre los 700 mm y los 800 mm. Los valores de evapotranspiración anual superan los de precipitación. El déficit hídrico se extiende, en el periodo estival, durante varios meses.

El periodo de heladas en la zona es de, aproximadamente, 100 días (Martínez et al., 2015)

Un elemento climático de gran importancia es el viento, pues influye considerablemente sobre las plantas, aumentando la evapotranspiración y la desecación del suelo. Los vientos dominantes son el cierzo, en dirección noreste-sureste, básicamente invernal, y el bochorno en dirección sureste-noroeste, estival. La orografía de la zona hace que su incidencia sea heterogénea (Badía et al., 2006).

Gracias al estudio realizado por Badía et al. (2006), se ha obtenido la información detallada sobre los suelos en los que se encuentra la plantación. En su libro *Los suelos de los viñedos en la D.O. Somontano* encontramos la clasificación de un suelo localizado en "Las Almunietas", concretamente al que denomina como Torre Fierro, el cual se encuentra cercano a la parcela de estudio. Este está localizado, según coordenadas UTM en X=261400, Y= 4652225, Huso 31, y a una altitud de 405m.

Describe la tipología de suelo formada por gipsisol hipergípsico. Estos Gipsisoles son suelos desarrollados sobre margas yesíferas que presentan una acumulación secundaria de yeso en formas pulverulenta y/o lenticular a cierta profundidad, y que se encuentran localizados al suroeste de Barbastro (Las Almunietas). Se trata de suelos de textura franca, con pedregosidad escasa, capacidad de retención de agua disponible moderada y baja capacidad de intercambio catiónico. Su contenido en carbonatos en superficie es moderado, decreciendo en profundidad; por el contrario, su contenido en yeso puede ser incluso muy bajo en superficie, para ir aumentando en profundidad, incluso por encima del 60%.

La presencia de yeso en superficie da una coloración blanca al suelo, lo que aumenta la temperatura del viñedo por reirradiación de onda larga, provocando la aceleración del proceso de maduración en la uva.

A continuación, se va a mostrar de forma detallada el análisis completo realizado para dicha localización:

**Tabla 3.** Gipsisol hipergípsico (Torre Fierro). Parámetros físicos y químicos (Badía et al., 2006).

Horizontes (profundidad)	pH H <sub>2</sub> O	C org (%)	MO (%)	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (%)	Caliza activa (%)	Yeso (%)	CE 1:5 (dS m <sup>-1</sup> )
Ap1 (0-20 cm)	8,0	1,89	3,26	29,0	7,3	20,1	2,4
Ap2 (20-50 cm)	8,1	1,04	1,79	25,5	5,3	26,3	2,7
By (50-93 cm)	8,3	0,18	0,30	6,7	nd	90,2	2,9
Cy (93-120 cm)	8,2	0,11	0,30	21,0	nd	48,5	2,5

**Tabla 4.** Gipsisol hipergípsico (Torre Fierro). Parámetros físicos y químicos (Badía et al., 2006).

Horizontes (profundidad)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural (USDA)	Elementos gruesos (%)	Estabilidad estructural (%)
Ap1 (0-20 cm)	45,7	nd	nd	nd	14,6	11,8
Ap2 (20-50 cm)	39,3	nd	nd	nd	7,2	8,4
By (50-93 cm)	11,2	nd	nd	nd	0,5	33,4
Cy (93-120 cm)	27,2	nd	nd	nd	0,7	7,8

**Tabla 5.** Gipsisol hipergipsico (Torre Fierro). Parámetros físicos y químicos (Badía et al., 2006).

Horizontes (profundidad)	Fósforo (mg kg <sup>-1</sup> )	Potasio (mg kg <sup>-1</sup> )	Magnesio (cmol(+)kg <sup>-1</sup> )	CC 0,33 MPa (%)	PMP 1,5 MPa (%)
Ap1 (0-20 cm)	40,2	552	1,1	24,2	10,9
Ap2 (20-50 cm)	9,7	648	2,1	22,4	10,4
By (50-93 cm)	0,4	334	1,6	17,3	4,7
Cy (93-120 cm)	0,3	86	1,4	24,8	10,2

**Tabla 6.** Gipsisol hipergipsico (Torre Fierro). Parámetros físicos y químicos (Badía et al., 2006).

Propiedad	Calificación
Agua útil (CRAD en mm/1,5 m)	Alta (206)
Potencial de VIGOR inducido por la Tierra	Medio (9)
Potencial de PRECOCIDAD de la Tierra	Moderadamente fuerte (45)
Clasificación Capacidad Agrológica	II
Clasificación Soil Taxonomy (SSS, 1999)	Haploxerept gipsico
Clasificación WRB (IUSS, 2006)	Gipsisol hipergipsico, sobre yeso, moderadamente profundo

### 2.3. Material vegetal

Para dicho estudio, el material vegetal utilizado se ha basado en tres variedades PIWI, las cuales presentan las siguientes características:

#### **Sauvignon Kretos (C.v. 76-026).**

Se trata de una variedad PIWI blanca resistente a enfermedades. Fue obtenida en Italia por la Universidad de Udine, en el Instituto de Genómica Aplicada de Udine, a partir del cruce entre la variedad *Sauvignon blanc* y 20/3. Fue registrada en el año 2015 en el Registro Nazionale delle Varietà di Vite. No puede ser utilizada para la producción de vino de denominación de origen, pero sí para vinos con indicación geográfica, tal y como se recoge en el artículo 6 del Decreto Legislativo 61/2010 de la legislación italiana (Pecile, 2016). En España está solicitada la Protección para la obtención vegetal en 2016 (OEVV, 2016).

**Tabla 7.** Características varietales de Sauvignon Kretos (Morgante & Testolin, 2016).

<b>Vigor</b>	Alto
<b>Hoja</b>	De tamaño medio, forma orbicular y generalmente con tres o cinco lóbulos. Margen de la hoja con marcado dentado, de longitud media y con ambos lados rectos o convexos. No presenta pelos en el haz y en el envés tiene una vellosoidad baja.
<b>Racimo</b>	De tamaño medio-grande, de forma cónica y con dos alas pronunciadas. Bayas de tamaño medio-pequeño, de forma esférica. Piel gruesa de color verde con reflejos dorados.
<b>Brotación</b>	Temprana
<b>Floración</b>	Media
<b>Maduración</b>	Temprana
<b>Producción</b>	Media
<b>Resistencia a mildiu</b>	Buena
<b>Resistencia a oídio</b>	Buena
<b>Resistencia a Podredumbre gris</b>	Media
<b>Potencial enológico</b>	Excelente contenido en azúcar, y modesta acidez. De perfil aromático intenso. Son vinos que se presentan para el consumo joden o a medio plazo.

Las plantas están certificadas por el vivero Vivai Cooperativi Rauscedo (Vía Udine 39. 33090 (Rauscedo), Italia).

### ***Souvignier gris* (C.v. FR 392-83)**

Se trata de una variedad PIWI blanca resistente a enfermedades. Fue obtenida en Alemania en 1983 por el Staatliches Weinbauinstitut Freiburg por el Dr. Norbert Becker. Fue registrada en el German Federal Office's Varieties Register en 2008 (Pritchard, 2016b), y en Francia en el *Catalogue des variétés de vigne* (Bonnet & Lacombe, 2016).

Fue obtenido por el cruce de los siguientes parentales:

Madre: *Cabernet Sauvignon* (*Sauvignon blanc* x *Cabernet Franc*)

Padre: *Bronner* (*Merzling* x *Gm 6494* (*Zarya Severa* x *St. Laurent*))

A pesar de la influencia de *V. amurensis* en *Gm 6494*, ambos parentales son *Vitis vinifera*, por lo que *Souvignier gris* no se clasifica como variedad híbrida, sino como un cruce (Pritchard, 2016b).

Sus características varietales son las siguientes:

**Tabla 8.** Características varietales de *Souvignier gris* (Pritchard, 2016b; WBI, 2016).

<b>Vigor</b>	Medio-alto, vertical. Crecimiento de los brotes laterales medio.
<b>Racimo</b>	Racimo de tamaño medio, no muy compacto, de forma alargada. Bayas de color rosado de tamaño medio-grande y con forma cilíndrica alargada.
<b>Brotación</b>	Media, casi al mismo tiempo que <i>Pinot gris</i> o <i>Pinot blanc</i>
<b>Floración</b>	Media, unos días antes que <i>Pinot gris</i>
<b>Maduración</b>	Media-tardía, casi al mismo tiempo que <i>Pinot gris</i> o <i>Pinot blanc</i>
<b>Producción</b>	Un poco por debajo del promedio
<b>Resistencia a mildiu</b>	Muy alta
<b>Resistencia a oídio</b>	Alta
<b>Resistencia a Podredumbre gris</b>	Media
<b>Potencial enológico</b>	Vinos muy potentes, con mucho cuerpo, con aromas ligeramente más pesados y una acidez inferior a <i>Sauvignon B</i> . El potencial de acumulación de azúcar de esta variedad es muy alto y parece especialmente adecuado para la elaboración de vinos dulces.

Las plantas del estudio están certificadas por el vivero Pepinières Viticoles Mercier (16 Rue de la Chaigné. 85770 Vix-France).

### ***Muscaris* (C.v. FR 493-87)**

Se trata de una variedad PIWI blanca resistente a enfermedades. Fue obtenida en Alemania en 1987 por el Staatliches Weinbauinstitut Freiburg por el Dr. Norbert Becker. A diferencia de las variedades PIWI anteriormente nombradas, no se conocen datos de registro (Pritchard, 2016a).

Fue obtenido de los siguientes parentales: *Solaris* x *Muscat*. Sus características varietales son las siguientes:



**Tabla 9.** Características varietales de *Muscaris* (Pritchard, 2016a; WBI, 2016).

<b>Racimo</b>	Racimo de tamaño medio-grande, no muy compacto. Bayas de tamaño medio.
<b>Brotación</b>	Medio, al mismo tiempo que Borgoña.
<b>Floración</b>	Medio, al mismo tiempo que Borgoña.
<b>Maduración</b>	Media-tardía.
<b>Resistencia a mildiu</b>	Muy alta
<b>Resistencia a oídio</b>	Alta
<b>Potencial enológico</b>	Intenso, muscat y cítricos con notas ahumadas. Al paladar resulta afrutado, fuerte, con acidez intensa.

Las plantas del estudio están certificadas por el vivero Pepinières Viticoles Mercier (16 Rue de la Chaigné. 85770 Vix-France).

En la plantación hay un total de 224 cepas de las variedades PIWI: 69 cepas de la variedad *Sauvignon Kretos*, 76 cepas de la variedad *Souvignier gris* y 79 cepas de la variedad *Muscaris*. Todas las variedades fueron plantadas en forma de planta injerto, sobre patrón SO4, durante el mes de abril del año 2015.

Además de las variedades PIWI nombradas, con objeto de replicar el experimento bajo parámetros ambientales reales, las líneas experimentales se sitúan al lado de una plantación de ***Sauvignon blanc* (clon 376)** injertado sobre patrón SO4, que servirá en la experiencia como testigo y tratamiento.

A continuación, se recogen las principales características de dicha variedad:

**Tabla 10.** Características varietales de *Sauvignon blanc* (Chomé Fuster, 2003).

<b>Vigor</b>	Muy vigorosa
<b>Hoja</b>	Tamaño pequeño, forma pentagonal con cinco lóbulos ligeramente superpuestos. Con baja vellosoidad tanto en el haz como en el envés.
<b>Racimo</b>	De pequeño tamaño, compacto y con una longitud del pedúnculo más bien corta. Las bayas son de pequeño tamaño, uniformes, con coloración verde-amarilla y forma elíptica ancha.
<b>Brotación</b>	Tardía
<b>Floración</b>	Media
<b>Maduración</b>	Temprana
<b>Producción</b>	Media
<b>Resistencia a mildiu</b>	Bastante resistente
<b>Resistencia a oídio</b>	Sensible
<b>Resistencia a Podredumbre gris</b>	Muy sensible
<b>Potencial enológico</b>	Vinos blancos secos muy elegantes y equilibrados. Aromas varietales presentes sobre todo los primeros años

## 2.4. Emplazamiento y técnicas culturales

Las variedades estudiadas se encuentran separadas en dos parcelas, como se muestra en la Figura 9, y como ya se ha comentado anteriormente. En la Parcela 1 encontramos la variedad *Sauvignon Kretos* (color naranja), y en la Parcela 2, encontramos las variedades *Souvignier gris* (amarillo) y *Muscaris* (violeta). Seguidamente, en ambas parcelas, encontramos a ambos lados de las variedades PIWI, la variedad testigo (blanco), y junto a estas, diferentes filas de variedad tratamiento (azul).

Cada una de las variedades PIWI está compuesta por dos filas de, aproximadamente, 40 metros cada una. El marco de plantación escogido es de  $2,8 \times 0,9$  m, obteniendo una densidad de plantación de 3968 plantas/ha. El sistema de formación usado es en forma de Cortina, ayudado de una estructura de soporte y vegetación libre dirigida a mano, con una altura de formación de 1,4 m. La orientación de la plantación es de N-S menos  $10^\circ$ .



**Figura 9.** Distribución de las variedades objeto de estudio ("SIGPAC," 2019).

Las plantas son sometidas a unas condiciones exigentes con respecto al rendimiento, forzando algunos aspectos de manejo (riego, hierba, *canopy*) para evaluar realmente la resistencia de los cultivares experimentales.

El riego de las parcelas se realiza con mangueras de goteo integrado cada 75 cm. El número total de goteros es de 3750, y el caudal de 3,5 litros/hora. Estas mangueras se encuentran suspendidas a 50 cm sobre el suelo.

A continuación, en la Tabla 11, se muestran las fechas y duración del riego para la campaña 2018. Debido a la pluviometría de los meses de mayo y junio, no hizo falta regar hasta principios de julio. Y, a mitad de agosto se finalizó para conseguir el aumento del grado alcohólico de la uva.

**Tabla 11.** Dosis de riego en la campaña 2018 (Viñas del Vero).

Fecha	Duración del riego (h)	Fecha	Duración del riego (h)
02/07/2018	4	26/07/2018	5,5
04/07/2018	5	27/07/2018	6
06/07/2018	6	30/07/2018	6
10/07/2018	6	01/08/2018	5
11/07/2018	5	02/08/2018	6
13/07/2018	6	04/08/2018	7
17/07/2018	6	06/08/2018	6
21/07/2018	8	10/08/2018	4
23/07/2018	4	14/08/2018	6
<b>Total horas de riego (H)</b>		101,5	
<b>Total agua aportada (L)</b>		1332187,5	
<b>L/m<sup>2</sup></b>		169,145188	

En la siguiente Tabla 12 se recogen las labores realizadas por parte de Viñas del Vero, con respecto al manejo del suelo y la poda, en las parcelas. El manejo del suelo consta de enyerbado mediante una vegetación espontánea, con un control mecánico mediante picadoras. El emparrado es un SVF con alambre de formación a 150 cm. La poda se realiza a doble cordón Royat, y se aplica un *sprawl*. Sobre el alambre de formación se coloca uno superior de vegetación para incrementar la superficie foliar eficaz en el viñedo.

**Tabla 12.** Labores realizadas en las parcelas durante la campaña 2018 (Viñas del Vero)

Fecha	Labor	Var. PIWI	Var. testigo	Var. tratamiento
20/03/2018	Poda	Sí	Sí	Sí
21/03/2018	Poda	Sí	Sí	Sí
21/03/2018	Formar y atar	Sí	Sí	Sí
23/03/2018	Formar y atar	Sí	Sí	Sí
10/04/2018	Trituración de restos de poda	Sí	Sí	Sí
16/05/2018	Poda en verde	Sí	Sí	Sí
16/05/2018	Emparrado	Sí	Sí	Sí
02/07/2018	Limpiar troncos	Sí	Sí	Sí
20/07/2018	Picar las calles y quitar hojas	Sí	Sí	Sí

Además de las labores mencionadas, se realizó un mantenimiento continuo tanto de las plantaciones, como de las instalaciones de riego y maquinaria, lo cual supone un gran número de horas dedicadas a la explotación.

En la Tabla 13 se recogen, tanto la fertilización, como los tratamientos fitosanitarios realizados durante la campaña 2018 por Viñas del Vero. En ella se puede observar la ausencia de aplicación de tratamiento en las filas testigo y PIWI, a excepción del tratamiento realizado para combatir la eriosis, provocada por *Eriophyes vitis*, al inicio de la campaña (27 de abril), debido a que todas las variedades se encontraban muy afectadas. Este tratamiento provocó un efecto de toxicidad, obteniendo quemaduras foliares en las diferentes variedades.



**Figura 10.** Hojas afectadas por eriosis en la campaña 2018 (Elaboración propia).



**Figura 11.** Efecto de toxicidad en hoja debido a la aplicación del tratamiento contra eriosis (Elaboración propia)

**Tabla 13.** Tratamientos aplicados durante la campaña 2018 en variedades PIWI y testigo/tratamiento (Elaboración propia).

Fecha	Tratamiento aplicado	PIWI	Testigo	Tratamiento
<b>Fertilización</b>				
08/01/2018	Abono líquido 15-1-5, 53,3 kg/ha	Sí	No	Sí
07/03/2018	Abono líquido 5-3-12, 72,5 l/ha	Sí	No	Sí
20/07/2018	Aciliq 2-0-12 + 1 Mg, 144,46 kg/ha	Sí	No	Sí
11/10/2018	Abono líquido 15-1-5, 193 kg/ha	Sí	No	Sí
<b>Tratamientos</b>				
05/04/2018	Tratamiento herbicida con Glimur Green y mojante Quimur (Glifosato 36%, 2,619 l/ha + Alquil Poliglicol 20%, 0,201 l/ha.)	Sí	Sí	Sí
03/05/2018	Tratamiento antioidio y antimildiu con Poltix, Mansar 80 Pm y mojante Quimur (Miclobutanil 12,5%, 0,16 l/ha + Mancozeb 80%, 1,14 kg/ha Alquil Poliglicol 20%, 0,114 l/ha.)	No	No	Sí
17/05/2018	Tratamiento antioidio con Genius y mojante Quimur (Tebuconazol 25%, 0,377 l/ha + Alquil Poliglicol 20%, 1,126 l/ha.)	No	No	Sí
24/05/2018	Tratamiento antioidio y antimildiu con Heliosufre y Sponsor Combi (Azufre 72%, 1,983 l/ha + Folpet 40% y Metalaxil 10%, 1,983 kg/ha.)	No	No	Sí
08/06/2018	Tratamiento antioidio y antimildiu con Bioverd C, Abir, Sponsor Mz y mojante Quimur (Hidrogenocarbonato Sódico 99%, 1,038 kg/ha + Bupirimato 25%, 0,636 l/ha + Mancozeb 64% y Metalaxil 80%, 2.044 kg/ha + Alquil Poliglicol 20%, 0.157 l/ha.)	No	No	Sí
22/06/2018	Tratamiento antioidio y antimildiu con Talendo, Heliosufre, Molsar y Xanilo 45 Wg (Proquinazid 20%, 0,209 l/ha + Azufre 72%, 1,956 l/ha + Folpet 25% y Fosetil-Al 50%, 2,51 kg/ha + Cimoxanilo 45%, 0,253 kg/ha.)	No	No	Sí
25/06/2018	Tratamiento espolvoreado antioidio con Azufre Micronizado P-3 (Azufre 98,5%, 25,071 kg/ha.)	No	No	Sí
09/07/2018	Tratamiento antioidio, mildiu y polilla del racimo con Vivando, Boxer, Xanilo 45 Wg, Combo y Plantafort (Metrafenona 50%, 0,194 l/ha + Hidróxido Cuprico 50%, 1,54 kg/ha + Cimoxanilo 45%, 0,251 kg/ha + Deltametrin 2,5%, 0.399 l/ha + Plantafort 0,174 l/ha.)	No	No	Sí
17/07/2018	Tratamiento herbicida con Brino Green y Plantafort (Glifosato 36%, 2,014 l/ha + Plantafort 0,5 l/ha.)	Sí	Sí	Sí
20/07/2018	Tratamiento herbicida con Volcan y Plantafort (Piraflufen-Etil 2,65%, 0,25 l/ha + Plantafort 0,5 l/ha.)	Sí	Sí	Sí
13/08/2018	Tratamiento herbicida con Brino Green y Volcan (Glifosato 36%, 2,216 l/ha + Piraflufen-Etil 2,65%, 0,282 l/ha.)	Sí	Sí	Sí
21/08/2018	Tratamiento espolvoreado anti botritis con Sec Natur, 13,85 kg/ha	No	No	Sí

## 2.5. Metodología en campo

Durante la campaña se realizó un seguimiento semanal en campo de todas las variedades, desde el día 16 de marzo hasta el 29 de agosto del 2018.

Como ya hemos nombrado, para simplificar la toma de datos, y que esta fuese de la forma más exacta posible, se dividió la plantación en dos parcelas:

- Parcela 1: *Sauvignon Kretos* y *Sauvignon blanc* (Testigo 1 y Tratamiento 1).
- Parcela 2: *Southern gris*, *Muscaris* y *Sauvignon blanc* (Testigo 2 y Tratamiento 2).

En cada una de las parcelas se realizó el mismo protocolo, en el cuál se observaron los siguientes aspectos, que se van a detallar a continuación.

### 2.5.1. Fenología

Para llevar a cabo el apartado de fenología, se realizó un seguimiento semanal desde el estado de *yema hinchada* o *estado lanoso* (16 de marzo), hasta la *maduración* o *madurez de cosecha* (29 de agosto) en todas las variedades estudiadas (variedades PIWI y testigo/tratamiento). Se tomaron 15 elementos de referencia u órganos correspondientes en cada fecha, y se realizó la clasificación según las siguientes escalas: *Código Eichhorn-Lorenz* (Eichhorn & Lorenz, 1978), *Estados fenológicos de la vid* (Baillod & Baggiolini, 1993), y *Codificación BBCH de los estados fenológicos de desarrollo de la vid* (Lorenz et al., 1995).

### 2.5.2. Ampelografía

Se realizó el seguimiento periódico de las principales características ampelográficas. Para ello se tomaron 15 elementos de referencia u órganos correspondientes, y se usó para su clasificación *la Lista de descriptores OIV para variedades de vid y especies Vitis* (OIV, 2001) en todas las variedades estudiadas (variedades PIWI y testigo o tratamiento). Los descriptores utilizados han sido en hoja joven, hoja adulta, flor, racimo, baya, producción y enfermedad.

### 2.5.3. Tasa de cuajado

Para obtener la tasa de cuajado en cada variedad, se realizaron dos conteos en diferentes estados de la vid: por un lado, se realizó el conteo de flores, de forma manual, en dos cepas de cada variedad, diferenciando en estas el lugar donde se encuentran, y brazo y nudos donde se localizan las inflorescencias. El día 18 de mayo se realizó en la variedad *Muscaris*, el 25 de mayo en la variedad *Southern gris*, el 1 de mayo en *Sauvignon Kretos* y el 8 de mayo en la variedad tratamiento, situada en la Parcela 2; por otro lado, se realizó el conteo de granos cuajados, siguiendo el mismo procedimiento. El día 3 de agosto se realizó en la variedad *Sauvignon Kretos* y el 10 de agosto en las variedades *Muscaris*, *Southern gris* y tratamiento.

Una vez obtenidos los datos, se compararon, y se obtuvo el porcentaje de granos cuajados, respecto del total de flores en origen, en cada variedad.

### 2.5.4. Seguimiento agronómico

La plantación se encuentra en su cuarto año durante el estudio, por esto, para cada variedad se han medido los siguientes parámetros (Hidalgo, 2006):

- Producción (kg/cepa)
- Peso del racimo (g)
- Peso de 100 bayas (g)



- Grado probable. Grado alcohólico volúmico probable (GAP), calculado sobre la base de 16,83g de azúcares por 1% de alcohol. Mediante lectura en refractómetro.
- Grados Brix (% en peso de azúcares) mediante lectura directa en un refractómetro.
- Acidez total expresada en gramos/litro de ácido sulfúrico.
- pH
- Índice de Ravaz (índice que relaciona la producción y el peso de poda de las variedades estudiadas en kg/m<sup>2</sup>).

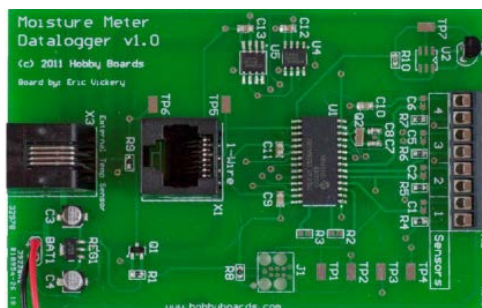
### 2.5.5. Seguimiento climático

Para la obtención de una información climática completa, se ha contado con los datos suministrados por la nueva estación perteneciente a Viñas del Vero (coordenadas UTM: X=262572,56 Y=4653257,84 Huso 31) próxima a la zona de estudio, y la estación meteorológica “San Marcos”, que se encuentra junto a la bodega (coordenadas UTM: X=259459,58 Y=4660273,90 Huso 31). Se hizo uso de esta última, puesto que la que se encontraba situada cerca de la zona de estudio en las campañas anteriores, se estropeó, y se obtuvieron los datos procedentes de esta a partir del mes de mayo. Por esto, con objeto de cumplimentar los datos correspondientes a los meses anteriores, se tomaron los datos de la estación “San Marcos”, situada cerca de la bodega Viñas del Vero.

Además de las estaciones meteorológicas, se colocó una placa “Moisture meter datalogger” de Hobby Boards (Vickery, 2012) en la parcela 2 para obtener medidas de humedad en hoja y temperatura (Figura 12). La puesta de dicho sensor se realizó el día 28 de marzo del 2018, y se retiró el día 3 de septiembre de ese mismo año, tras realizar la última vendimia.



**Figura 12.** Sensor en campo. Parcela 2 (Elaboración propia).



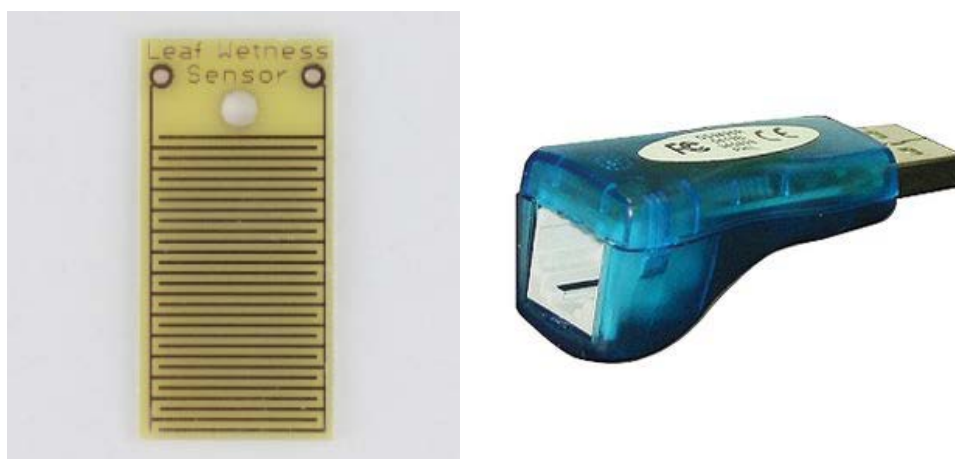
**Figura 13.** Datalogger para monitorización de temperatura y humedad in situ (Vickery, 2012)

Los dispositivos mencionados cuentan con un sensor de temperatura integrado (con una resolución de 0.5 °C), puertos de conexión para 4 sensores de humedad en suelo o de humedad en hoja, soporte para un sensor de temperatura externo y almacenamiento flash para 65000 registros (Figura 13).

La elección de este circuito integrado frente a otras alternativas se ha fundamentado en su excelente eficiencia respecto al consumo de potencia (alimentación con tres pilas AA que le proporcionan una autonomía de meses) y su bajo coste (Elbaile, 2016).

Para determinar la presencia y duración de la humedad en el follaje, se ha empleado un sensor de humedad en hoja de Hobby Boards (Figura 13). Este tipo de higrómetro resistivo es sencillo y robusto, y el galvanizado de los dos conductores con una fina película de oro minimiza la oxidación y prolonga su vida útil. Su funcionamiento se basa en que, cuando hay niebla, rocío o lluvia, las gotas de agua conectan eléctricamente los dos conductores y permiten el paso de la corriente, con lo que la resistencia se reduce de 200 k $\Omega$  a valores inferiores a 3 k $\Omega$ .

Para la programación de las placas y la posterior extracción de datos se ha empleado el protocolo de comunicaciones 1-Wire (Dallas Semiconductor) y un adaptador DS9490R de RJ11 a USB suministrado por Maxim Integrated (Figura 13) junto con el *software* desarrollado *ad-hoc* para la placa (sólo compatible con Windows). Respecto a la programación de los integrados, se limita a la actualización de la fecha y hora del reloj interno (un RTC), el formateo del almacenamiento interno y la selección de la frecuencia de monitorización (en este caso se ha optado por una frecuencia de 10 minutos).



**Figura 14.** Izquierda: Sensor de humedad en hoja (Elaboración propia); derecha: Adaptador 1-Wire de RJ11 a USB.

Los ficheros de datos extraídos de la placa fueron procesados para permitir su importación al programa OriginPro (OriginLab), herramienta *software* empleada para su tratamiento y representación.

#### 2.5.6. Seguimiento de enfermedades

Se realizó el seguimiento de enfermedades, concretamente de oídio, mildiu y botrytis. Como ya se ha citado anteriormente, los cultivares PIWI se encuentran fuera del programa de aplicación de fitosanitarios, junto con la variedad testigo, frente a la variedad tratamiento, en las cuales sí se aplicó el programa definido para la variedad por Viñas del Vero.

Cada semana se observó una muestra de 55 hojas, elegidas al azar en cada variedad; y, llegado el momento, se realizó también en 25 racimos.



Tras realizar la correspondiente revisión bibliográfica, y tal y como se recoge en los diferentes estudios (Andalucía, 2014; Angelotti, 2008; Díez Navajas, 2015; Maharjan, 2015; Perera González, 2013), para efectuar una adecuada evaluación de los parámetros relativos a la presencia y ataque de dichas enfermedades, se ha seguido la propuesta marcada por EPPO 2009, en la que se establece, en primer lugar, una escala en base al porcentaje del área del órgano afectado por la enfermedad (Townsend & Heuberger, 1943). Se ha creído conveniente adaptar los niveles de dicha escala para facilitar así la recogida de datos en campo, quedando la siguiente escala a utilizar:

**Tabla 14.** Escala de evolución del porcentaje de órgano afectado (Elaboración propia).

Valor de la escala	Porcentaje de órgano afectado
0	Sin enfermedad
1	1-25%
2	25-50%
3	50-75%
4	75-100%

Para calcular el grado de ataque (porcentaje de órganos afectados respecto de los órganos estudiados) tanto en hoja como en racimo, se ha utilizado la fórmula de Townsend-Heuberger, como se muestra a continuación:

$$P = \frac{\sum(n \times v)}{Vm \times N} \times 100$$

Dónde:

- P = Índice del grado de ataque (%)
- n = Número de ataque de órganos en cada categoría de ataque
- v = Valor numérico de cada categoría de ataque
- Vm = Valor máximo de la escala
- N = Número total de órganos

Por último, para la evaluación de la eficacia del tratamiento, es decir, la relación de ataque en las cepas testigo frente a las tratadas, se ha utilizado la fórmula de Abbott (Abbott, 1925), que se detalla a continuación:

$$E = \frac{Pt - P}{Pt} \times 100$$

Dónde:

- E = Grado de eficiencia del tratamiento (%)
- Pt = Índice del grado de ataque en la parcela testigo (%)
- P = Índice del grado de ataque en la parcela tratada (%)

Según la enfermedad en cuestión, los parámetros observados fueron los siguientes:

Para mildiu (*P. viticola*) se realizó el seguimiento en hoja, flor y racimo, y se anotaron los siguientes parámetros, según el órgano correspondiente:

Seguimiento de mildiu en hoja:

- Grado de ataque en hojas (porcentaje de hojas enfermas con respecto a las hojas observadas), mediante la fórmula de Townsend-Heuberger.

- Intensidad de ataque (superficie de la hoja afectada con respecto de la superficie total de la hoja).
- Eficacia de tratamiento (relación del grado de ataque en hojas en las cepas testigo frente a las cepas tratamiento), mediante la fórmula de Abbott.
- Incidencia de ataque (hojas con presencia de daños frente al total de hojas observadas).

Seguimiento de mildiu en racimo:

- Grado de ataque en racimo (porcentaje de racimos enfermos con respecto a los racimos observados), mediante la fórmula de Townsend-Heuberger.
- Intensidad de ataque (superficie del racimo afectada con respecto de la superficie total de este).
- Eficacia de tratamiento (relación del grado de ataque en racimo en las cepas testigo frente a las cepas tratamiento), mediante la fórmula de Abbott.
- Incidencia de ataque (racimos con presencia de daños frente al total de racimos observados).

El seguimiento de oídio (*U. necator*) se realizó en hoja, flor y racimo, y se observaron los siguientes parámetros, según el órgano correspondiente:

Seguimiento de oídio en hoja:

- Grado de ataque en hojas (porcentaje de hojas enfermas con respecto a las hojas observadas), mediante la fórmula de Townsend-Heuberger.
- Intensidad de ataque (superficie de la hoja afectada con respecto de la superficie total de la hoja).
- Eficacia de tratamiento (relación del grado de ataque en hojas en las cepas testigo frente a las cepas tratamiento), mediante la fórmula de Abbott.
- Incidencia de ataque (hojas con presencia de daños frente al total de hojas observadas).

Seguimiento de oídio en racimo:

- Grado de ataque en racimo (porcentaje de racimos enfermos con respecto a los racimos observados), mediante la fórmula de Townsend-Heuberger.
- Intensidad de ataque (superficie del racimo afectada con respecto de la superficie total de este).
- Eficacia de tratamiento (relación del grado de ataque en racimo en las cepas testigo frente a las cepas tratamiento), mediante la fórmula de Abbott.
- Incidencia de ataque (racimos con presencia de daños frente al total de racimos observados).

El seguimiento de podredumbre gris (*Botrytis cinerea*) se realizó desde el estado de floración, en hoja y racimo, y se observaron los siguientes parámetros:

Seguimiento de podredumbre gris en hoja:

- Grado de ataque en hojas (porcentaje de hojas enfermas con respecto a las hojas observadas), mediante la fórmula de Townsend-Heuberger.
- Intensidad de ataque (superficie de la hoja afectada con respecto de la superficie total de la hoja).
- Eficacia de tratamiento (relación del grado de ataque en hojas en las cepas testigo frente a las cepas tratamiento), mediante la fórmula de Abbott.
- Incidencia de ataque (hojas con presencia de daños frente al total de hojas observadas).

Seguimiento de podredumbre gris en racimo:

- Grado de ataque en racimo (porcentaje de racimos enfermos con respecto a los racimos observados), mediante la fórmula de Townsend-Heuberger.
- Intensidad de ataque (superficie del racimo afectada con respecto de la superficie total de este).
- Eficacia de tratamiento (relación del grado de ataque en racimo en las cepas testigo frente a las cepas tratamiento), mediante la fórmula de Abbott.
- Incidencia de ataque (racimos con presencia de daños frente al total de racimos observados).

#### 2.5.7. *Tratamiento estadístico*

Para realizar el tratamiento estadístico se ha recurrido a criterios no paramétricos, puesto que no se cumplían criterios de normalidad en la distribución. Además, debido al reducido tamaño de las muestras, se ha creído conveniente realizar el uso de distribuciones paramétricas.

Dentro de los métodos no paramétricos, se ha decidido someter los datos a la prueba Kruskal-Wallis. Este método permite comparar varias muestras aleatorias independientes, partiendo de las siguientes hipótesis:

- Hipótesis nula: todas las funciones de distribución  $k$  son iguales.
- Hipótesis alternativa: al menos una de las poblaciones tiende a producir valores mayores que al menos una de las otras poblaciones.

Para ello se ha utilizado el programa *XLSTAT versión 2016.02.28451*.

Se han realizado comparaciones múltiples entre las muestras, realizando todas las comparaciones posibles entre pares de valores. Para la realización de estas comparaciones se ha usado el método *post hoc* Conover-Iman. Existen otras alternativas como el test de Dunn pero se ha desechado al obtener mayor discriminación con dicho método (Conover, 1999). La aplicación del método Conover-Iman se ha llevado a cabo también con el programa *XLSTAT versión 2016.02.28451*.






### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Fenología

A continuación (Tabla 15) se recogen los resultados obtenidos durante el estudio de los principales estados fenológicos de las variedades de vid. El seguimiento se realizó de forma semanal, comenzando el día 16 de marzo hasta el 29 de agosto del 2018. Dicho seguimiento se realizó en las variedades PIWI y en la variedad testigo/tratamiento.

Se tomaron los valores de 3 escalas diferentes, como se ha comentado en el apartado 2.5.1 Fenología, las cuales son, respectivamente: *Codificación BBCH de los estados fenológicos de desarrollo de la vid* (Lorenz et al., 1995), *Código Eichhorn-Lorenz* (Eichhorn & Lorenz, 1978) y, *Estados fenológicos de la vid* (Baillod & Baggiolini, 1993).

**Tabla 15.** Principales estados fenológicos observados en las variedades objeto de estudio (Elaboración propia)

	Escala	<i>S. Kretos</i>	<i>S. gris</i>	<i>Muscaris</i>	Test./Trat.
	05. Estado lanoso 03. Yema hinchada B. Yema hinchada	16/03/2018	16/03/2018	16/03/2018	16/03/2018
	07. Comienzo brotación 05. Brotación C. Punta verde	06/04/2018	06/04/2018	29/03/2018	06/04/2018
	13. 3 hojas desplegadas 09. 2-3 hojas desplegadas E. 2-3 hojas desplegadas	13/04/2018	13/04/2018	13/04/2018	13/04/2018
	53. Inflorescencia visible 12. Inflorescencia visible F. Racimos visibles	20/04/2018	20/04/2018	20/04/2018	27/04/2018
	57. Inflorescencia desarrollada completamente 17. Inflorescencia desarrollada completamente H. Botones florales separados	27/04/2018	27/04/2018	27/4/2018	04/05/2018

	61. Comienzo floración 19. Comienzo floración I1. Inicio floración	01/06/2018	25/05/2018	25/05/2018	01/06/2018
	65. Plena floración 23. Plena floración I2. Plena floración	04/06/2018	28/05/2018	28/05/2018	08/06/2018
	71. Cuajado de los frutos 27. Cuajado de los frutos J. Cuajado	08/06/2018	01/06/2018	01/06/2018	15/06/2018
	75. Baya tamaño guisante 31. Baya tamaño guisante K. Baya tamaño guisante	23/06/2018	08/06/2018	08/06/2018	23/06/2018
	81. Comienzo maduración 35. Envero M1. Inicio envero	03/08/2018	26/07/2018	26/06/2018	10/08/2018
	85. Ablandamiento de las bayas 36. Maduración M2. Pleno envero	16/08/2018	10/08/2018	10/08/2018	16/08/2018
	89. Bayas listas para recolectar 38. Madurez cosecha N. Maduración	23/08/2018	23/08/2018	16/08/2018	29/08/2018

A continuación se muestra en la Tabla 16 la comparativa de las diferentes campañas con respecto a fenología.

**Tabla 16.** Principales estados fenológicos observados en las variedades objeto de estudio durante las campañas 2016, 2017 y 2018 (Bernad, 2018; Elbaile, 2016) (Elaboración propia)

Escala	S. Kretos	S. gris	Muscaris	Test./Trat.
05. Estado lanoso	23/03/2016	23/03/2016	23/03/2016	30/03/2016
03. Yema hinchada	26/03/2017	31/03/2017	31/03/2017	31/03/2017
B. Yema hinchada	16/03/2018	16/03/2018	16/03/2018	16/03/2018
07. Comienzo brotación	30/03/2016	30/03/2016	30/03/2016	08/04/2016
05. Brotación	31/03/2017	07/04/2017	07/04/2017	07/04/2017
C. Punta verde	06/04/2018	06/04/2018	29/03/2018	06/04/2018
13. 3 hojas desplegadas	08/04/2016	14/04/2016	08/04/2016	14/04/2016
09. 2-3 hojas desplegadas	07/04/2017	07/04/2017	07/04/2017	02/04/2017
E. 2-3 hojas desplegadas	13/04/2018	13/04/2018	13/04/2018	13/04/2018
53. Inflorescencia visible	20/04/2016	20/04/2016	20/04/2016	27/04/2016
12. Inflorescencia visible	12/04/2017	12/04/2017	07/04/2017	20/04/2017
F. Racimos visibles	20/04/2018	20/04/2018	20/04/2018	27/04/2018
57. Inflorescencia desarrollada completamente	27/04/2016	27/04/2016	27/04/2016	11/05/2016
17. Inflorescencia desarrollada completamente	04/05/2017	27/04/2017	27/04/2017	18/05/2017
H. Botones florales separados	27/04/2018	27/04/2018	27/04/2018	04/05/2018
61. Comienzo floración	25/05/2016	18/05/2016	18/05/2016	03/06/2016
19. Comienzo floración	25/05/2017	18/05/2017	18/05/2017	25/05/2017
I1. Inicio floración	01/06/2018	25/05/2018	25/05/2018	01/06/2018
65. Plena floración	03/06/2016	25/05/2016	25/05/2016	08/06/2016
23. Plena floración	02/06/2017	25/05/2017	25/05/2017	02/06/2017
I2. Plena floración	04/06/2018	28/05/2018	28/05/2018	08/06/2018
71. Cuajado de los frutos	14/06/2016	03/06/2016	03/06/2016	14/06/2016
27. Cuajado de los frutos	09/06/2017	25/05/2017	25/05/2017	02/06/2017
J. Cuajado	08/06/2018	01/06/2018	01/06/2018	15/06/2018
75. Baya tamaño guisante	28/06/2016	14/06/2016	14/06/2016	23/06/2016
31. Baya tamaño guisante	22/06/2017	02/06/2017	02/06/2017	09/06/2017
K. Baya tamaño guisante	23/06/2018	08/06/2018	08/06/2018	23/06/2018
81. Comienzo maduración	03/08/2016	28/07/2016	28/07/2016	28/07/2016
35. Envero	27/07/2017	28/07/2017	20/07/2017	27/07/2017
M1. Inicio envero	03/08/2018	26/07/2018	26/06/2018	10/08/2018
85. Ablandamiento de las bayas	09/08/2016	03/08/2016	09/08/2016	09/08/2016
36. Maduración	10/08/2017	04/08/2017	04/08/2017	27/07/2017
M2. Pleno envero	16/08/2018	10/08/2018	10/08/2018	16/08/2018
89. Bayas listas para recolectar	29/08/2016	29/08/2016	29/08/2016	29/08/2016
38. Madurez cosecha	17/08/2017	17/08/2017	10/08/2017	10/08/2017
N. Maduración	23/08/2018	23/08/2018	16/08/2018	29/08/2018

### 3.2. Ampelografía

Para llevar a cabo el estudio de la caracterización ampelográfica, tanto de las variedades PIWI, como de la variedad testigo y tratamiento, se seleccionaron los principales descriptores de la *Lista de descriptores OIV para variedades de vid y especies Vitis* (OIV, 2001).

Los caracteres listados en la Tabla 17 se utilizan para estandarizar, y hacer más objetiva la descripción de especies y variedades de vid. Se trata de una base común para la cooperación internacional en la conservación, descripción y evaluación de la vid. En esta encontramos caracteres que comprenden la distinción de variedades y, también, los caracteres que indican sus aptitudes agronómicas (OIV, 2001).

**Tabla 17.** Caracterización ampelográfica según descriptores OIV (Elaboración propia).

Descriptor OIV	<i>S. Kretos</i>	<i>S. gris</i>	<i>Muscaris</i>	Testigo/Tratamiento
1	5	5	5	5
4	1	1	1	3
16	1	1	1	1
51	3	1	3	2
53	1	3	1	5
65	5	4	5	3
67	4	3	5	3
72	1	2	2	2
75	5	5	3	5
81-2	1	1	1	1
84	1	3	1	5
87	1	3	1	5
151	3	3	3	3
202	5	3	5	5
203	3	3	3	3
204	5	5	5	7
208	2	1	1	1
209	2	2	2	1
220	3	3	3	3
221	3	3	3	3
223	2	2	2	2
225	1	2	1	1
241	3	3	3	3
301	5	5	5	7
302	5	5	5	5
304	5	5	5	5
452	9	9	9	9
453	9	9	9	9
455	9	9	9	9
456	9	9	9	5
458	9	9	9	9
459	9	9	9	5
502	1	1	1	*
503	1	3	3	3
505	7	9	9	5
506	5	5	3	3
508	5	5	5	5

Tras realizar el estudio de los parámetros obtenidos en dicho apartado, se compararon los datos obtenidos con los encontrados en el apartado anterior, referente al material vegetal de las variedades a estudiar. No se encontró grandes diferencias con respecto a las fichas varietales. A su vez, los datos obtenidos durante las campañas anteriores, en el 2016 y 2017, no presentaron diferencias significativas con respecto a los datos obtenidos en la campaña 2018.

### 3.3. Tasa de cuajado

Para obtener la tasa de cuajado, se realizó el conteo de flores y granos cuajados en dos cepas de cada variedad PIWI, y en la variedad testigo/tratamiento. Los datos se recogieron por sarmiento y racimo dentro de cada planta y variedad.

El objetivo de este estudio es observar las posibles diferencias y relaciones entre las cepas de cada variedad, y entre todas las variedades estudiadas.

**Tabla 18.** Resultados del conteo de flores y del número de bayas cuajadas (en %) según el conteo del brazo (derecho, izquierdo), y del total de la planta (Elaboración propia)

Variedad	Tasa de cuajado (izquierda)	Tasa de cuajado (derecha)	Tasa de cuajado (global)
Testigo/tratamiento	35,7%	31,8%	34,0%
<i>Sauvignon Kretos</i>	13,2%	15,0%	14,3%
<i>Southern gris</i>	42,9%	43,2%	43,0%
<i>Muscaris</i>	30,7%	30,4%	30,5%

Como se puede observar en la Tabla 18, los datos no muestran diferencias significativas entre los brazos derecho e izquierdo, pero sí entre variedades, con una tasa de cuajado notablemente más baja para la variedad *Sauvignon Kretos*; y, más alta en la variedad *Southern gris*.

### 3.4. Resultados de maduración

Se realizó el seguimiento de las variedades por los técnicos de Viñas del Vero para determinar el día de cosecha, el cual se produjo el día 22 de agosto para la variedad *Muscaris*; y, el día 3 de septiembre para las variedades *Sauvignon Kretos* y *Southern gris*.

A su vez, tras la cosecha, se realizó el mismo estudio para determinar los parámetros finales de la campaña para las diferentes variedades.

Los parámetros medidos para dicha determinación fueron los recogidos en la Tabla 19:

**Tabla 19.** Parámetros analizados en campo durante la campaña 2018 (Viñas del Vero).

Variedad	Fecha	Peso 100 bayas (g)	Peso racimo (g)	Grados Brix	Grado alcohol probable	Acidez total (g/l)	pH
<i>S. Kretos</i>	10/08/2018	120,40	42,14	19,60	11,13	8,11	3,00
<i>S. gris</i>	10/08/2018	84,20	28,62	17,30	9,79	10,34	2,87
<i>Muscaris</i>	10/08/2018	120,90	43,52	23,40	13,73	6,26	3,19
<i>S. Kretos</i>	17/08/2018	138,80	152,68	21,70	12,56	6,53	3,16
<i>S. gris</i>	17/08/2018	102,30	112,16	21,00	12,08	7,64	3,00
<i>Muscaris</i>	17/08/2018	145,00	160,95	25,70	15,32	4,83	3,32
<i>S. Kretos</i>	24/08/2018	138,30	318,09	24,00	14,15	6,27	3,24
<i>S. gris</i>	24/08/2018	100,50	230,14	23,00	13,45	6,52	3,08
<i>S. Kretos</i>	29/08/2018	147,70	490,36	24,80	14,72	5,92	3,28
<i>S. gris</i>	29/08/2018	94,00	488,88	23,40	13,73	5,81	3,13
Testigo	29/08/2018	151,00	502,83	23,80	14,01	4,38	3,31



A continuación, se van a mostrar los resultados obtenidos durante la misma intervención durante las campañas anteriores, campaña del 2017 y 2016 respectivamente (Tabla 20 y Tabla 21):

**Tabla 20.** Parámetros analizados en campo durante la campaña 2017 (Bernad, 2018).

Variedad	Fecha	Peso 100 bayas (g)	Peso racimo (g)	Grados Brix	Grado alcohol probable	Acidez total (g/L)	pH
<i>S. Kretos</i>	09/08/2017	140,10	87,40	20,20	11,50	8,10	3,10
<i>Muscaris</i>	09/08/2017	151,20	128,80	23,00	13,50	6,33	3,20
<i>S. gris</i>	09/08/2017	119,00	140,40	28,60	17,40	4,71	3,30
Testigo	22/08/2017	149,40	131,70	17,80	9,92	4,74	3,22
<i>S. Kretos</i>	17/08/2017	140,10	74,30	21,60	12,50	6,95	3,10
<i>Muscaris</i>	17/08/2017	151,20	130,00	24,20	14,30	5,62	3,30
<i>S. gris</i>	17/08/2017	119,00	123,40	29,20	18,30	3,98	3,60
Testigo	22/08/2017	149,40	151,90	17,80	9,92	4,30	3,27

**Tabla 21.** Parámetros analizados en campo durante la campaña 2016 (Elbaile, 2016).

Variedad	Fecha	Peso 100 bayas (g)	Peso racimo (g)	Grados Brix	Grado alcohol probable	Acidez total (g/L)	pH
<i>S. Kretos</i>	18/08/2016	65,90	118,40	21,40	12,35	7,47	2,94
<i>Muscaris</i>	18/08/2016	64,00	115,00	29,00	17,42	4,88	3,41
<i>S. gris</i>	18/08/2016	82,80	138,10	23,00	13,45	7,23	3,05
Testigo	25/08/2016		131,70	17,80	9,92	4,74	3,22
<i>S. Kretos</i>	30/08/2016		92,10	23,10	13,52	5,79	3,10
<i>Muscaris</i>	30/08/2016		139,10	29,60	18,10	3,96	3,60
<i>S. gris</i>	30/08/2016		161,50	25,00	14,84	5,44	3,31
Testigo	31/08/2016		151,90	17,80	9,92	4,30	3,27

Como se puede observar, existe un aumento en la producción de la campaña 2018 con respecto a las anteriores, tanto en las tres variedades PIWI, como en la variedad testigo o tratamiento, *Sauvignon blanc*. No es superior el peso en 100 bayas, el cual se mantiene con apenas variación, pero sí el peso del racimo, obteniendo una mayor producción.

En la campaña 2018, el mayor peso en racimo se alcanza en la variedad *Sauvignon Kretos*, con un peso de 490,36 g, mientras que el menor se obtiene en la variedad *Muscaris*, con un peso de 160,95 g.

### 3.5. Índice de Ravaz

Se ha realizado una relación entre la producción y poda de las variedades PIWI y testigo/tratamiento. Se trata de un balance entre la producción referente al fruto obtenido ( $\text{kg/m}^2$ ) y el crecimiento vegetativo de las cepas, midiendo el peso de la madera de poda ( $\text{kg/m}^2$ ). Esta relación varía de acuerdo a la variedad trabajada y al ambiente en el que nos encontramos (Aliquó, Catania, & Aguado, 2010).

Para llevar a cabo dicha relación se ha seguido el cálculo propuesto por Ravaz en 1903, el cuál es el más usado en la actualidad. Este recomienda permanecer entre los valores 5 y 7 para obtener un buen equilibrio en la vid (Vasconcelos & Castagnoli, 2000).

Otros autores (Aliquó et al., 2010) proponen diferentes valores para obtener dicho equilibrio, como los comprendidos entre 5 y 10, en función de la variedad, producción y manejo en la plantación.

Los valores por debajo de dicho umbral supondrán un vigor excesivo del viñedo, es decir, una baja productividad para esas condiciones de fertilidad. Por otro lado, los superiores a este nos indican que la viña ha producido mucha uva para su vigor, es decir, que presenta un desajuste por exceso de producción o defecto de vigor (Aliquó et al., 2010)

La obtención de los datos se realizó durante la mañana del 15 de marzo del 2019, donde se realizó la poda de 4 cepas de cada variedad PIWI, anotando los datos obtenidos, y comparándolo con la producción que dichas cepas proporcionaron. Como resultado, obtenemos los siguientes Índices de Ravaz, como se muestra en la siguiente Tabla 22:

**Tabla 22.** Índice de Ravaz durante la campaña 2018 (Elaboración propia).

Variedad	Rendimiento de cosecha (kg/cepa)	Peso de madera de poda (kg/cepa)	Índice de Ravaz
<i>S. Kretos</i>	3,27	0,80	4,09
<i>S. gris</i>	2,27	0,49	4,63
<i>Muscaris</i>	2,01	0,12	16,75

Para llevar a cabo el análisis del estudio realizado durante las diferentes campañas, se han tomado los datos obtenidos durante la campaña anterior (2017), y la actual (2018). Se realizó la comparativa de la producción y peso de poda en kg/cepa, obteniendo los siguientes resultados, mostrados en la siguiente Tabla 23:

**Tabla 23.** Datos de producción y poda, e índices de Ravaz calculados en las campañas 2018 y 2017 (Elaboración propia) (Bernad, 2018).

Variedad	Campaña 2017			Campaña 2018		
	Producción (kg/cepa)	Peso poda (kg/cepa)	Índice de Ravaz	Producción (kg/cepa)	Peso poda (kg/cepa)	Índice de Ravaz
<i>S. Kretos</i>	3,50	0,86	4,07	3,27	0,80	4,09
<i>S. gris</i>	2,03	0,15	<b>13,53</b>	2,27	0,49	4,63
<i>Muscaris</i>	1,48	0,17	8,71	2,01	0,12	<b>16,75</b>
<i>S. blanc</i>	2,44	0,62	3,94	3,11	0,78	3,99

Como se puede observar, se deduce que para las dos campañas se produjeron desequilibrios importantes para la variedad *Southern gris*, en el año 2017; y, para la variedad *Muscaris* en el año 2018.

Ambos desequilibrios se deben a la superación del umbral establecido, y por tanto, la designación de una mayor producción con respecto al vigor de la planta.

### 3.6. Coste de tratamientos

Durante la campaña 2018 se realizaron diferentes aplicaciones de tratamientos, tanto de fertilización, como de productos fitosanitarios, como se puede observar en la Tabla 24.

**Tabla 24.** Costes obtenidos durante la campaña 2018 (Elaboración propia).

Tratamiento aplicado	Precio del producto (€/L·kg)	Coste de la aplicación (€/ha)	Coste maquinaria (h)	Precio total (€/ha)
<b>Herbicidas</b>				
Tratamiento herbicida con Glimur Green y mojante Quimur a dosis de 2,7 l/ha	4,92	8,71	20	28,71
Tratamiento herbicida con Brino Green y Plantafort a dosis de 2,3 l/ha	8,39	7,26	20	27,26
Tratamiento herbicida con Volcan y Plantafort a dosis de 0,75 l/ha	57,04	15,66	20	35,66
Tratamiento herbicida con Brino Green y Volcan a dosis de 2,48 l/ha	54,23	20,54	20	40,54
Importe total		52,17	80	132,17
<b>Fitosanitarios</b>				
Tratamiento antioidio y antimildiu con Poltix, Mansar 80 Pm y mojante Quimur a dosis de 1,26 l/ha	18,55	6,49	16	22,49
Tratamiento antioidio con Genius y mojante Quimur a dosis de 0,46 l/ha	13,70	4,49	16	20,49
Tratamiento antioidio y antimildiu con Heliosufre y Sponsor Combi a dosis de 4 l/ha	15,37	30,74	16	46,74
Tratamiento antioidio y antimildiu con Bioverd C, Abir, Sponsor Mz y mojante Quimur a dosis de 3,79 l/ha	46,23	43,81	20	63,81
Tratamiento antioidio y antimildiu con Talendo, Heliosufre, Molsar y Xanilo 45 Wg a dosis de 4,95 l/ha	98,50	50,07	32	82,07
Tratamiento espolvoreado antioidio con Azufre Micronizado P-3 a dosis de 25 l/ha	0,09	2,25	15	17,25
Tratamiento antioidio, mildiu y polilla del racimo con Vivando, Boxer, Xanilo 45 Wg, Combo y Plantafort a dosis de 2,53 l/ha	129,83	37,58	32	69,58
Importe total		175,42	147	322,42
<b>Importe total</b>		<b>227,59</b>	<b>227</b>	<b>454,59</b>

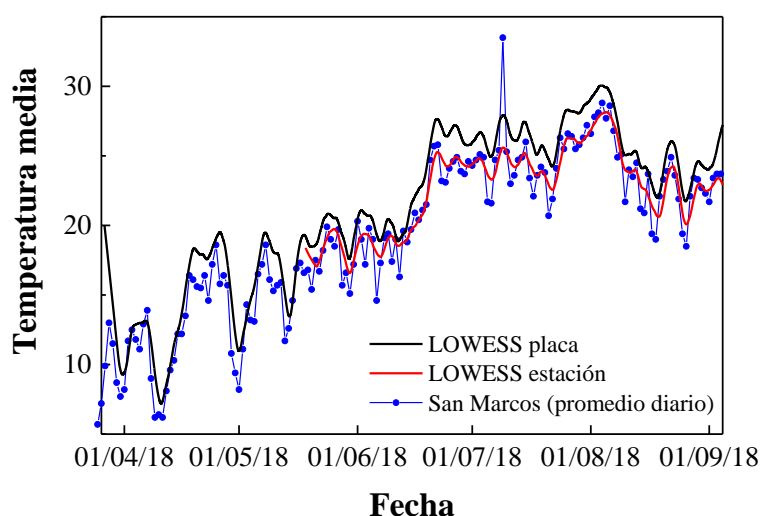
Como resultado, obtenemos los diferentes costes asumidos durante la campaña. Con respecto a los tratamientos con herbicidas, encontramos la suma total de 132,17 euros/ha; por otro lado, el coste de tratamientos fitosanitarios asciende a un total de 322,42 euros/ha. Cabe destacar que, en dichos costes se ha tenido en cuenta el coste de maquinaria y aplicación, además del precio del producto en sí mismo.

Con respecto a los datos obtenidos los años anteriores, encontramos la siguiente comparativa de costes atribuibles a productos fitosanitarios utilizado: en la campaña del año 2017 los costes fueron de 70 euros/ha, mientras que en la campaña del año 2016 fueron de 117,36 euros/ha. Como se puede observar, la diferencia obtenida es muy elevada, encontrando los costes del año 2018 muy por encima de los encontramos en las diferentes campañas. Esto puede deberse a la fuerte presencia de enfermedades que se produjo durante dicho año, y la necesidad de una mayor aplicación de productos fitosanitarios para aplacar la aparición de oídio y mildiu.

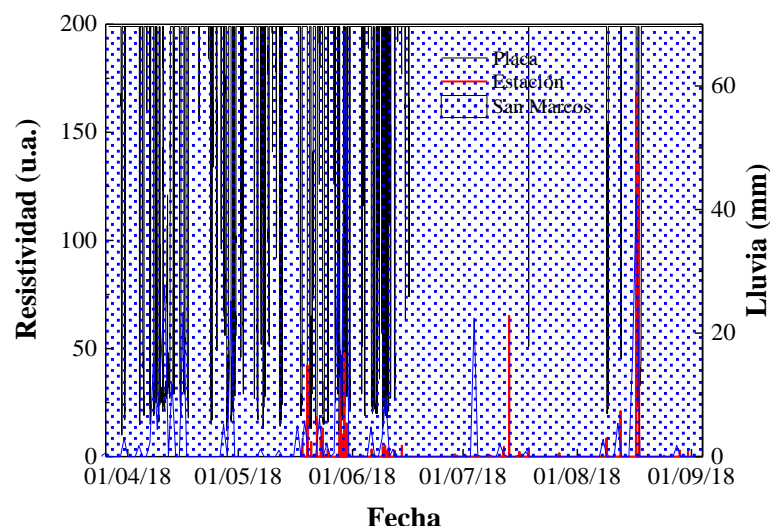
### 3.7. Datos climáticos

Al comienzo de la campaña, el día 28 de marzo de 2018, se instaló un sensor en la parcela número 2, y se compararon los datos obtenidos por esta, con los recogidos por la estación meteorológica de San Marcos y la nueva estación de la propia bodega.

A continuación se muestran, en la Figura 15 y Figura 16, las correspondientes temperaturas diarias, así como las precipitaciones y resistividad a lo largo de la campaña 2018, que comprende desde el mes de abril a septiembre:



**Figura 15.** Evolución de la temperatura media a lo largo de la campaña 2018 (Elaboración propia).



**Figura 16.** Evolución de las precipitaciones/resistividad del sensor de humedad a lo largo de la campaña 2018 (Elaboración propia).

La toma de datos de la placa se realizaba cada 10 minutos y, en la Figura 15 encontramos reflejado el promedio diario. Las pequeñas diferencias son debidas, como en años anteriores, a la frecuencia de toma de datos y la localización de las estaciones meteorológicas.

La placa tiene también instalado un sensor para medir la humedad en hoja y el tiempo que esta permanece mojada. En la Figura 16 se comparan las caídas de resistividad en dicho sensor (humedad en hoja superior al 80%) con las precipitaciones registradas en las dos estaciones meteorológicas, apreciándose una buena correspondencia con la pluviometría durante los meses de abril a junio.

A continuación, se muestran las temperaturas y precipitaciones medias mensuales para el periodo de estudio (marzo-septiembre) en las tres campañas (Tabla 25 y Tabla 26). Las campañas 2016 y 2017 correspondieron a años secos (243,6 y 294,3 mm, respectivamente), si bien el 2016 presentó una distribución de lluvias más irregular; la campaña 2018 tuvo precipitaciones por encima de la media (499 mm). Estos resultados se corresponderán con la incidencia y presión de enfermedad en las variedades PIWI y testigo/tratamiento (CSCV, 2018).

**Tabla 25.** Temperaturas medias mensuales durante las tres campañas (Elaboración propia) (Bernad, 2018; Elbaile, 2016).

Campaña	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
2016	9,3	12,5	16,1	21,6	24,9	24,0	21,4
2017	11,8	13,5	18,2	23,7	24,8	24,3	18,7
2018	8,9	13,4	17,1	22,0	25,6	25,2	22,2

**Tabla 26.** Precipitaciones medias mensuales (mm) para las tres campañas (Elaboración propia) (Bernad, 2018; Elbaile, 2016).

Campaña	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
2016	69,2	93,0	33,0	13,6	11,8	1,0	22,0
2017	109,4	34,0	45,4	47,8	23,3	7,0	27,4
2018	60,7	117,0	142,6	28,4	13,0	101,9	35,4

### 3.8. Mildiu (*Plasmopara viticola*)

A continuación se muestran los daños atribuidos a *P. viticola* en base al análisis realizado de forma visual, tanto de hojas como se racimos en las diferentes cepas. Estos daños se analizan en los diferentes apartados encontrados a continuación.

En la Figura 17 aparecen imágenes de los diferentes daños encontrados por dicha enfermedad en campo durante la campaña 2018, cuando se realizó el seguimiento de enfermedades.



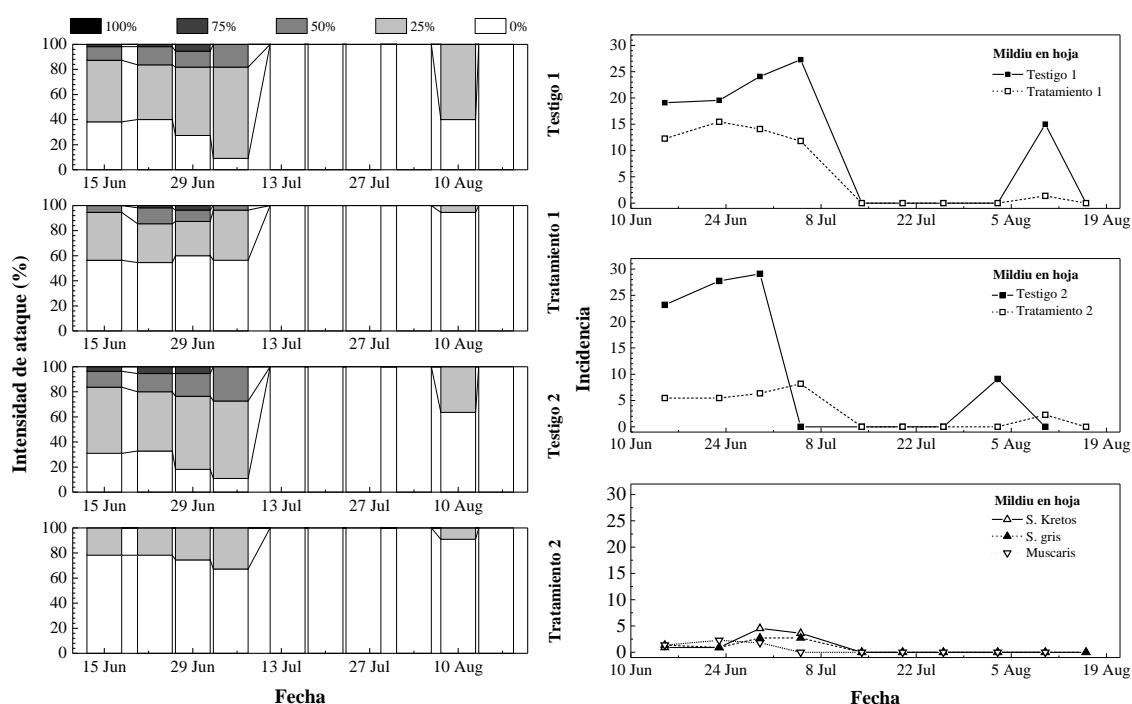
**Figura 17.** Daños producidos por mildiu (Elaboración propia).

#### 3.8.1. Resultados de enfermedades en hoja

##### 3.8.1.1. Grado de ataque en hoja

La evolución del grado de ataque en hoja se puede apreciar en la Figura 18. Como se puede observar, la enfermedad en hoja se ha manifestado en la variedad *Sauvignon blanc*, tanto en las cepas testigo como en las tratadas, obteniendo un porcentaje de hasta el 30% en daño. El ataque en las variedades PIWI ha sido muy bajo, inferior al 5%. Cabría destacar que, la variedad que

mayor afección ha presentado frente a dicha enfermedad, aunque haya sido mínima, ha sido *Sauvignon Kretos*.



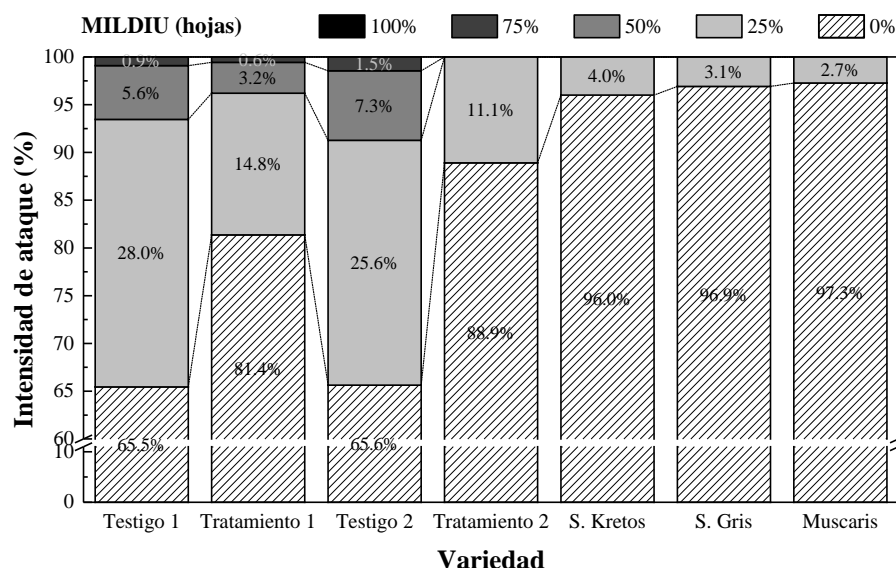
**Figura 18.** Evolución temporal del grado de ataque (izquierda) y de la incidencia (derecha) de mildiu en hojas durante la campaña 2018 (Elaboración propia).

La evolución temporal, representada en la Figura 18 (derecha) nos muestra el efecto del ataque de mildiu en la variedad *Sauvignon blanc*, comparando las cepas testigo y las tratadas. El daño empieza en la misma fecha, con ataque virulento, y las cepas testigo sufren de un 60% a un 90% de daños en poco tiempo, mientras que en las cepas tratadas el daño se reduce a un 20-40%. Se observa un repunte del daño en agosto. La diferencia de daño entre las cepas que han sido tratadas y las cepas testigo ronda un 40%.

En la Figura 18 (izquierda) se confirma que la incidencia implica un ataque rápido y que daña muchas hojas. En las cepas testigo hay ausencia de actividad durante un mes, y se produce un repunte en los primeros días de agosto. Por el contrario, las variedades PIWI apenas han sufrido un 3-5% de daño.

### 3.8.1.2. Intensidad de ataque en hoja

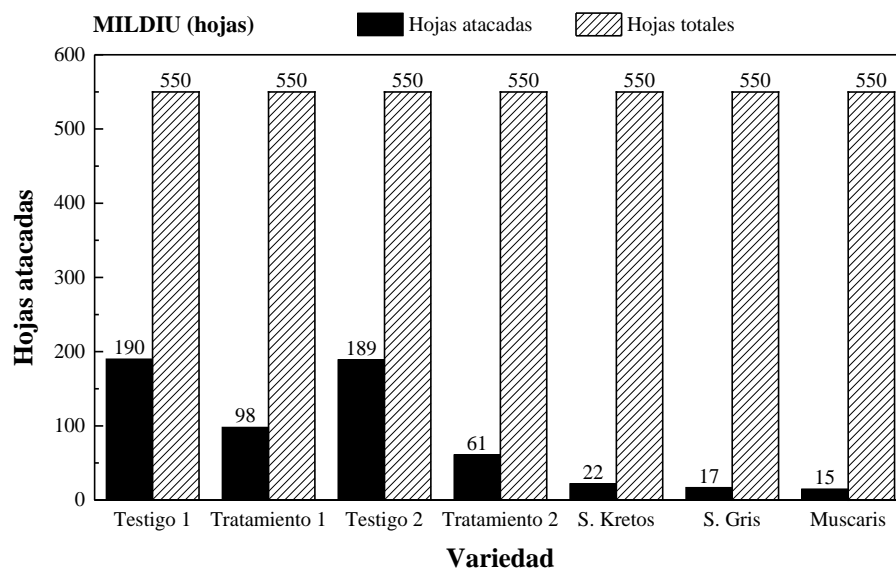
Como se aprecia en la Figura 19, la intensidad de ataque coincide con lo mencionado anteriormente, mientras que las cepas testigo han sufrido un ataque del 35%, con diversos grados de afección, el porcentaje se reduce de forma notable (11-20%) en las tratadas. Las variedades PIWI apenas manifiestan una intensidad de ataque del 2-5.



**Figura 19.** Intensidad de ataque del mildiu en hojas durante la campaña 2018 (Elaboración propia).

### 3.8.1.3. Incidencia de ataque en hoja

Con respecto a los daños producidos en hoja, como se puede observar en la Figura 20, la mayor incidencia se ha producido en las muestras Testigo 1 y 2, puesto que han obtenido valores muy similares con respecto al número de hojas atacadas (190 y 189 hojas, respectivamente).



**Figura 20.** Incidencia de ataque de mildiu en hojas durante la campaña 2018 (Elaboración propia).

### 3.8.1.4. Eficacia de tratamiento en hoja

Como se muestra en la Tabla 27, los valores obtenidos según la metodología empleada nombrada anteriormente, ha sido de 49,15 y 75,83% en las parcelas 1 y 2, respectivamente, obteniendo una media de 62,5% de eficacia (alcanzándose valores de hasta 90% en la parcela 1).



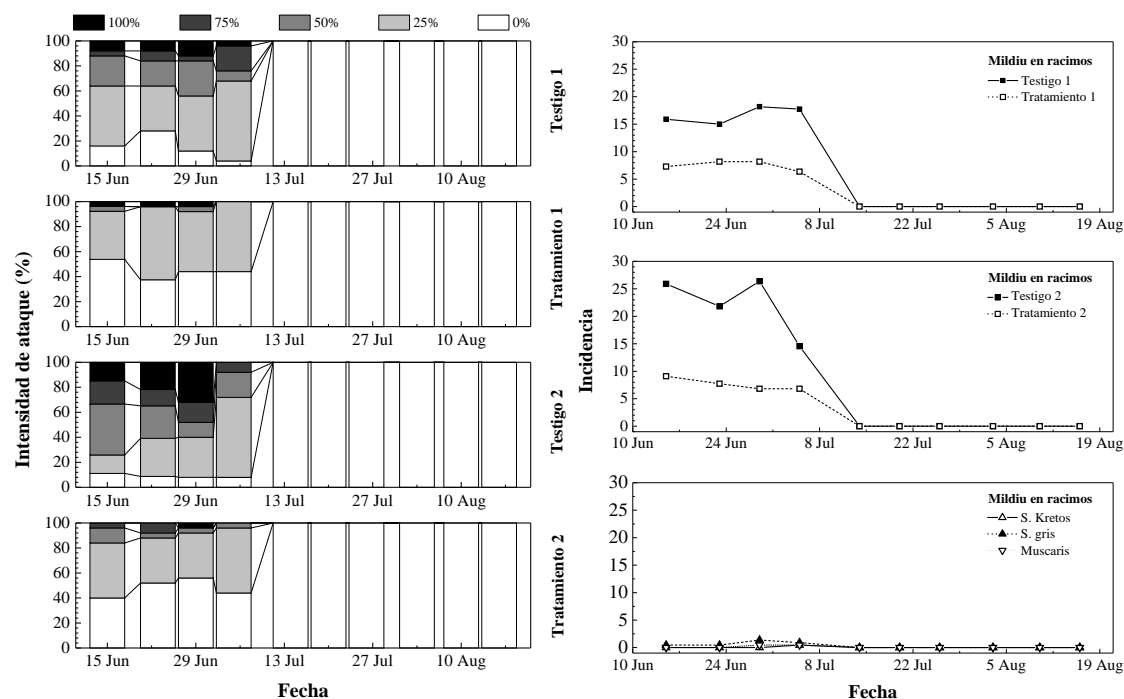
**Tabla 27.** Eficacia de tratamiento encontrada en hoja para mildiu durante la campaña 2018 (Elaboración propia)

Fecha	Testigo 1	Tratamiento 1	Testigo 2	Tratamiento 2	Parcela 1	Parcela 2
15/06/18	19,09	12,27	22,27	5,45	35,71 ± 4,82	4,82 ± 11,89
23/06/18	19,55	15,45	23,18	5,45	20,93 ± 2,89	2,89 ± 12,54
29/06/18	24,09	14,09	27,73	6,36	41,51 ± 7,07	7,07 ± 15,11
05/07/18	27,27	11,82	29,09	8,18	56,67 ± 10,93	10,93 ± 14,78
14/07/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20/07/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26/07/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03/08/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10/08/18	15,00	1,36	10,45	2,27	90,91 ± 9,64	9,64 ± 5,79
16/08/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
					49,15 ± 7,07	75,83 ± 12,02

### 3.8.2. Resultados de enfermedades en racimo

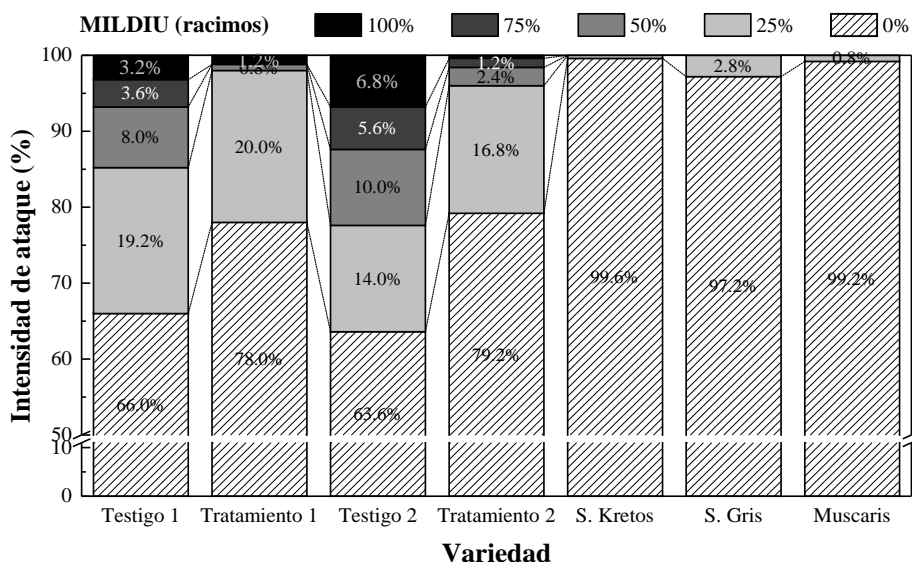
#### 3.8.2.1. Grado de ataque en racimo

La evolución del grado de ataque en racimo se puede apreciar en la siguiente Figura 21. Como se puede observar, el ataque se concentra en la variedad *Sauvignon blanc*, tanto en las cepas testigo como en las tratadas. Los daños y la destrucción de bayas se produjeron durante el mes de junio, de forma muy rápida. Por otro lado, las variedades PIWI no manifestaron apenas síntomas y daños a lo largo del ciclo.

**Figura 21.** Evolución temporal de grado de ataque (izquierda) e incidencia (derecha) de mildiu en racimos a lo largo de la campaña 2018 (Elaboración propia).

### 3.8.2.2. Intensidad de ataque en racimo

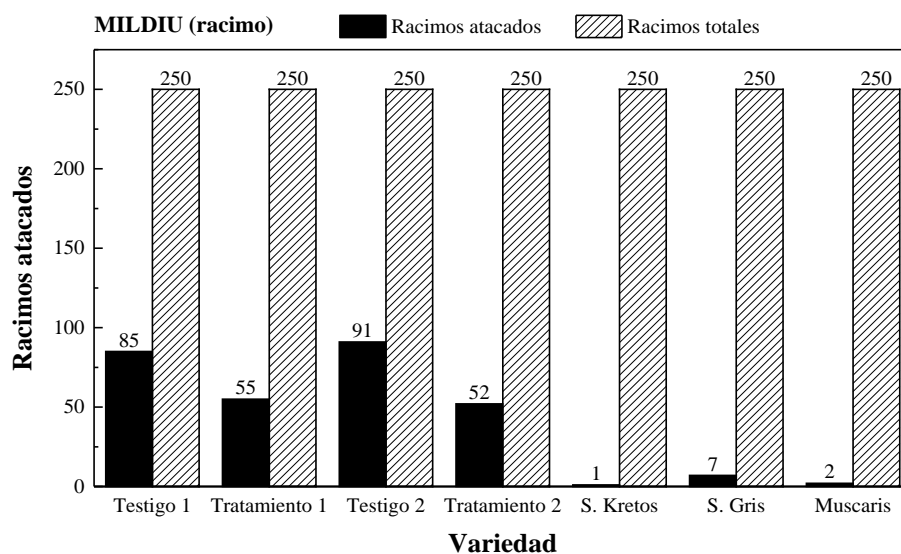
Como se aprecia en la Figura 22, la intensidad de ataque coincide con lo mencionado anteriormente, mientras que las cepas testigo han sufrido un ataque del 34-36%, con diversos grados de afección, el porcentaje se reduce en las tratadas, obteniendo una intensidad de ataque del 20%. Las variedades PIWI apenas manifiestan un 0-2.8% de intensidad de ataque, pudiendo ser despreciable.



**Figura 22.** Intensidad del ataque de mildiu en racimos durante la campaña 2018 (Elaboración propia).

### 3.8.2.3. Incidencia de ataque en racimo

Como se aprecia en la Figura 23, los daños en racimo de las variedades PIWI han sido mínimos, obteniendo un máximo de 7 racimos en la variedad *Souvenir gris*, mientras que la incidencia en las cepas testigo y tratadas ha sido alta, obteniendo un mayor número de racimos afectados en las cepas Testigo 2, con un total de 91 racimos afectados del total, lo que equivale a un 36,4%. A este le seguirían las cepas testigo 1, y las cepas tratamiento.



**Figura 23.** Incidencia de ataque de mildiu en racimo durante la campaña 2018 (Elaboración propia).

### 3.8.2.4. Eficacia de tratamiento en racimo

Como se muestra en la Tabla 28, igual que lo ocurrido para dicha enfermedad en hoja, en racimo la eficacia de tratamiento ha sido alta en ambas parcelas, observando valores de 64,76 y 64,19% de grado de eficacia, y obteniendo una media de 64,5% (llegando a alcanzar el 100% en la parcela 1).

**Tabla 28.** Eficacia de tratamiento encontrada en racimo para mildiu durante la campaña 2018  
(Elaboración propia)

Fecha	Testigo 1	Tratamiento 1	Testigo 2	Tratamiento 2	Parcela 1	Parcela 2
15/06/18	35,00	18,00	57,00	20,00	48,57 ± 12,02	64,91 ± 26,16
23/06/18	33,00	18,00	48,00	17,00	45,45 ± 10,61	64,58 ± 21,92
29/06/18	40,00	14,00	58,00	15,00	65,00 ± 18,38	74,14 ± 30,41
05/07/18	39,00	0,00	32,00	15,00	100,00 ± 27,58	53,13 ± 12,02
14/07/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20/07/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26/07/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03/08/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10/08/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16/08/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
					64,76 ± 6,86	64,19 ± 22,63

### 3.8.3. Modelización de mildiu

Tradicionalmente, las prácticas vitícolas se han realizado de una manera uniforme, aplicando la misma intensidad en operaciones como la poda, fertilización, tratamientos fitosanitarios, riego, etc., independientemente de la ubicación exacta del viñedo. Durante la última década se ha demostrado la aparición de variabilidad intraparceldaria, que repercute, tanto en la calidad de la uva como en la rentabilidad de la bodega (Ausín & Rodríguez, 2015). El modelado de enfermedades se ha convertido en una necesidad para las tareas de prevención en agricultura, cuyo principal objetivo es proporcionar un control eficaz y sostenible de la enfermedad y reducir las aplicaciones de productos fitosanitarios. Gracias a dichos modelos basados en el clima, se ha conseguido un control efectivo unido a una disminución de la aplicación de fungicidas (Gilles, 2004).

Existen modelos de predicción que estudian la evolución del hongo basándose en variables meteorológicas (temperatura, lluvia y humedad relativa). A partir de dicha información, obtenida a través de estaciones meteorológicas, se pueden derivar mapas de infección, en este caso, de *P. viticola*.

Como hemos indicado en el apartado 1.4.1.3. Estrategias de lucha, el modelo de Goidanich, basado en la duración del periodo de incubación del hongo, permite conocer el momento en el que se producirá la fructificación asexual, momento idóneo para realizar el tratamiento, buscando impedir la germinación de zoosporas. Tras confirmarse la primera infección, se puede seguir la evolución del hongo mediante el conocimiento de la temperatura media, humedad relativa y la cantidad de lluvia (Ausín & Rodríguez, 2015).

Para llevar a cabo dicha práctica, en primer lugar, se ha determinado la fecha en la que se producen las condiciones favorables a partir de las cuales comienza el desarrollo del hongo. Según Goidanich se debe cumplir lo siguiente: las oosporas deben de estar maduras; los brotes deben ser de, aproximadamente, 10 cm; debe haber una acumulación de lluvia de 10mm; y, la temperatura media debe ser superior a 12 °C.

Una vez definidos los parámetros deseados, se procedió a realizar el análisis de los valores mostrados en el apartado 3.7. Datos climáticos, los cuales proporcionaron valores de precipitación, resistividad y temperatura en hoja. Tras esto, se estableció como primer día del ciclo de desarrollo teórico el día 28 de mayo.

A partir del día 28 de mayo se calculó el crecimiento diario del hongo en función de los parámetros mostrados en la Tabla 1. Como se puede observar en la Tabla 29, se alcanzaría el 100% del desarrollo del hongo el día 4 de mayo. Teóricamente, en dicha fecha finaliza el periodo de incubación y, se produciría la aparición de la sintomatología citada anteriormente (apartado 1.4.1.2. Sintomatología).

La primera anotación debida a daños por *P. viticola* se produjo el día 15 de junio, tanto en hoja como en racimo, sin embargo, se pudieron observar manchas necróticas en ambas, por lo que es de suponer que el ataque se produjo antes de la fecha comentada. Este desfase podría deberse a los valores propuestos por Goidanich, donde no se hace distinción según las diferentes zonas de estudio y sus condiciones climáticas, pudiendo aclarar dichas variaciones.

**Tabla 29.** Cálculo del desarrollo diario de *Plasmopara viticola* según el modelo de Goidanich para la campaña 2018 (Elaboración propia)

Fecha	Temperatura media (°C)	Humedad media (%)	Lluvia (mm)	Desarrollo diario (%)	Desarrollo acumulado (%)
28/05/18	15,7	95,8	32,2	11,26	11,26
29/05/18	16,6	91,2	6,6	12,66	23,92
30/05/18	15,1	90,5	69	10,68	34,6
31/05/18	17,2	78,2	0	13,53	48,13
01/06/18	20,3	70,6	0	14,56	62,69
02/06/18	19,0	74,4	0	12,5	75,19
03/06/18	17,2	79,2	0	13,53	88,72
04/06/18	19,8	72,6	0	13,8	<b>102,52</b>

### 3.8.4. Estudio trianual

#### 3.8.4.1. Evolución temporal del grado de ataque en hoja y racimo para las diferentes campañas

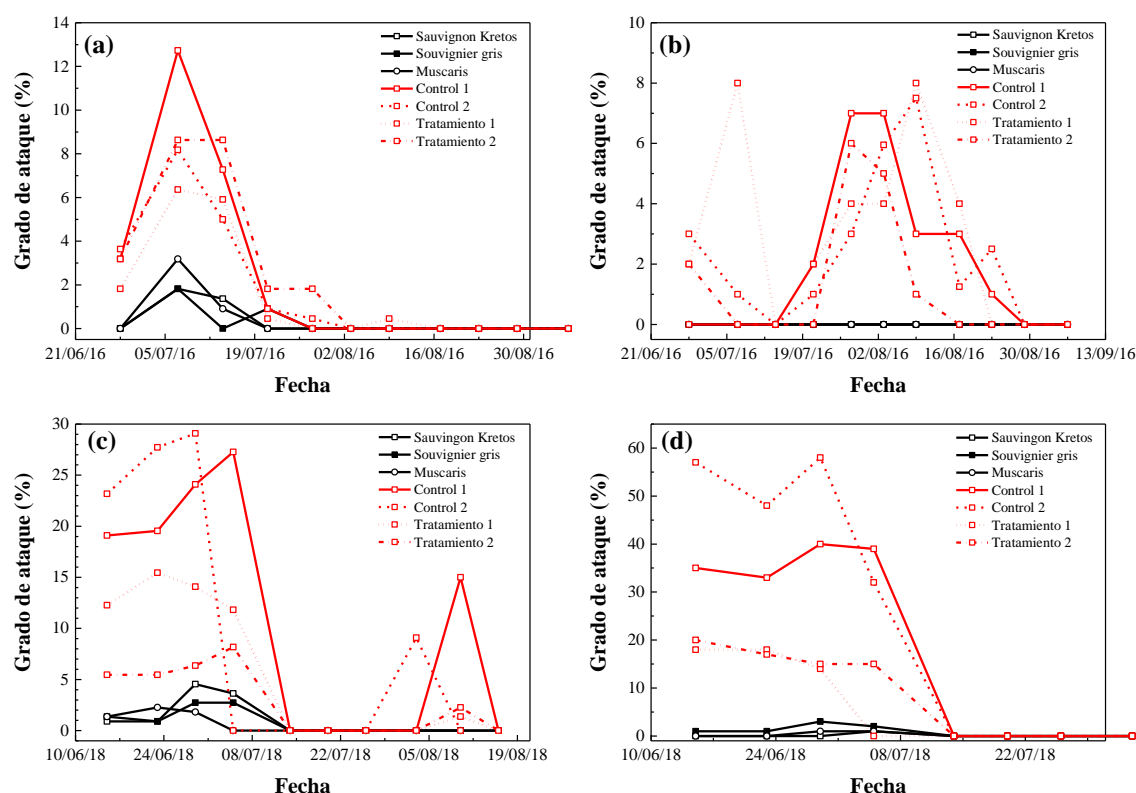
Como se muestra en la Figura 24, en la campaña 2016 se detectaron daños en hoja en todas las cepas. Las variedades PIWI presentaron un bajo grado de ataque, siendo las cepas testigo y tratadas las más afectadas. En cuanto a los daños en racimo, sólo se detectaron en las cepas testigo y tratadas: del 28 de junio al 12 de julio se observaron racimos totalmente destruidos antes de alcanzar el tamaño de baya guisante, seguido de otro ataque que afectó a racimos de mayor tamaño, en los cuales, con el paso de las semanas, se observó el desecamiento de los granos.

En la campaña 2017 no se detectaron daños en ninguna de las variedades PIWI, ni en las viñas tratadas ni en la variedad testigo 2. Anecdóticamente, se detectaron intensidades de ataque leve, inferior al 25% en hoja para la variedad testigo 1 en la recogida de datos del 13 de julio (3 de 55 muestras, suponiendo un 5,77%). En racimo no se detectaron daños.

En el año 2018 sí se detectó ataque, tanto en hoja como en racimo. En hoja podemos destacar que: en la variedad *Sauvignon Kretos* se detectaron 22 casos, con un grado de ataque menor al 25%, durante el periodo comprendido entre el 15 de junio y el 5 de julio; en la variedad *Souvignier gris* se detectaron un total de 17 casos, todos ellos con un grado de ataque inferior al 25%, durante el periodo comprendido entre el 15 de junio y el 5 de julio; y, por último, en la variedad *Muscaris*, se detectó un total de 15 casos, con un grado de ataque inferior al 25%, durante el periodo comprendido entre el 15 de junio y el 5 de julio.

En racimo podemos concluir que, en la variedad *Sauvignon Kretos* se detectó un único caso, con grado de ataque inferior al 25%, el día 5 de julio; en la variedad *Souvignier gris* se detectaron un total de 7 casos, todos con grado de ataque menor al 25%, en el periodo comprendido entre el 15 de junio y el 5 de julio.; y, en la variedad *Muscaris* se detectaron dos casos, con grado de ataque inferior al 25%, entre los días 29 de junio y 5 de julio.

Los daños en plantas testigo y tratadas fueron más altos, llegando a alcanzar un 60% de grado de ataque.



**Figura 24.** Evolución temporal del grado de ataque de mildiu en las campañas 2016 (arriba) y 2018 (abajo), en hoja (izquierda) y en racimo (derecha) (Elaboración propia).

### 3.8.4.2. Eficacia de tratamiento en hoja y racimo para las diferentes campañas

Como se muestra en la Tabla 30, durante la campaña 2016, las eficacias de tratamiento frente a mildiu fueron muy bajas (18%) en hoja, y algo superiores en racimo (47%). En la campaña 2017 no se apreciaron daños, por lo que no se pudo obtener el grado de eficacia tanto en hoja como en racimo. En la campaña 2018 la eficacia media de tratamiento frente a mildiu fue próxima a 63% en hoja y, 65% en racimo, siendo estas más elevadas que las encontradas en las campañas anteriores.

**Tabla 30.** Eficacia de tratamiento encontrada en hoja y racimo para mildiu durante las campañas 2016, 2017 y 2018 (Bernad, 2018; Elbaile, 2016)(Elaboración propia)

Campaña	Enfermedad	Órgano afectado	Eficacia Parcela 1	Eficacia Parcela 2
2016	Mildiu	Hoja	32,32 ± 22,16	2,50 ± 5,59
2017	Mildiu	Hoja	-	-
2018	Mildiu	Hoja	49,15 ± 7,07	75,83 ± 12,02
2016	Mildiu	Racimo	26,53 ± 38,18	67,00 ± 43,04
2017	Mildiu	Racimo	-	-
2018	Mildiu	Racimo	64,76 ± 6,86	64,19 ± 22,63

### 3.9. Oídio (*Uncinula necator*)

A continuación se muestran los daños atribuidos a *U. necator* en base al análisis realizado de forma visual, tanto de hojas como se racimos en las diferentes cepas. Estos daños se analizan en los diferentes apartados encontrados a continuación.

En la Figura 25 aparecen imágenes de los diferentes daños encontrados por dicha enfermedad en campo, durante la campaña 2018, cuando se realizó el seguimiento de enfermedades. Cabe destacar que, durante la campaña 2018 no se registró ataque de dicha enfermedad en hoja, por lo que las imágenes ofrecidas se obtuvieron en parcelas cercanas, de la misma bodega, donde sí se observó la sintomatología propia.



**Figura 25.** Daños producidos por oídio (Elaboración propia)

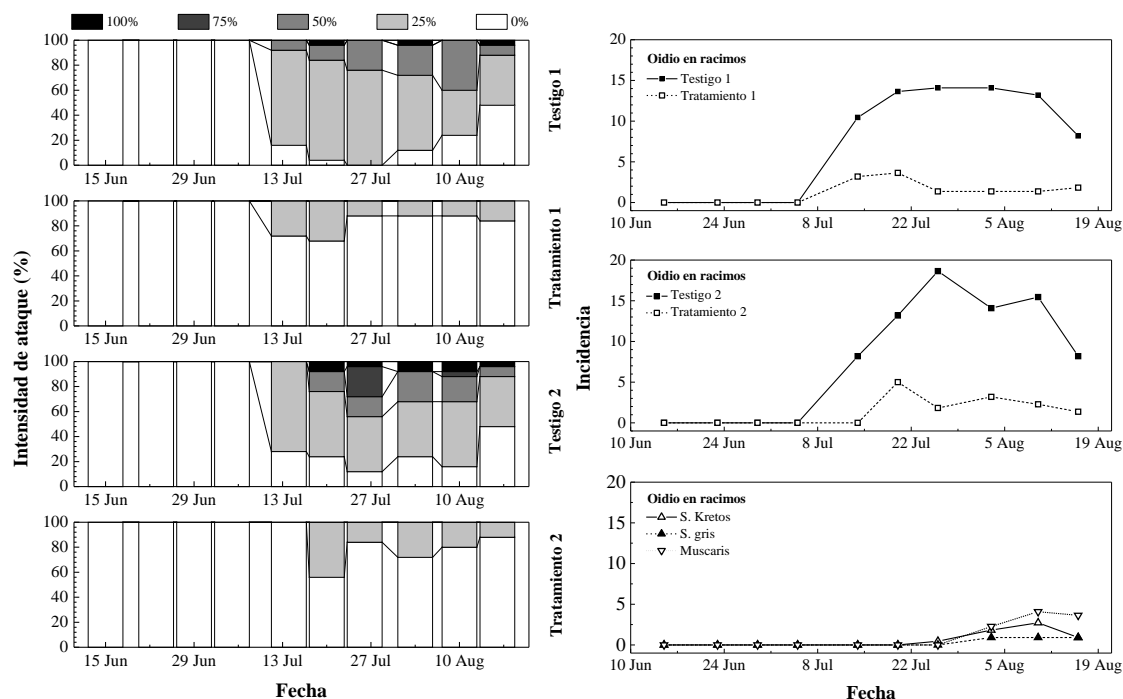
#### 3.9.1. Resultados de enfermedad en hoja

No se han detectado daños producidos por *Uncinula necator* en hoja en ninguna de las variedades objeto de estudio, tanto en las variedades PIWI, como en las variedades testigo y tratamiento.

### 3.9.2. Resultados de enfermedades en racimo

#### 3.9.2.1. Grado de ataque en racimo

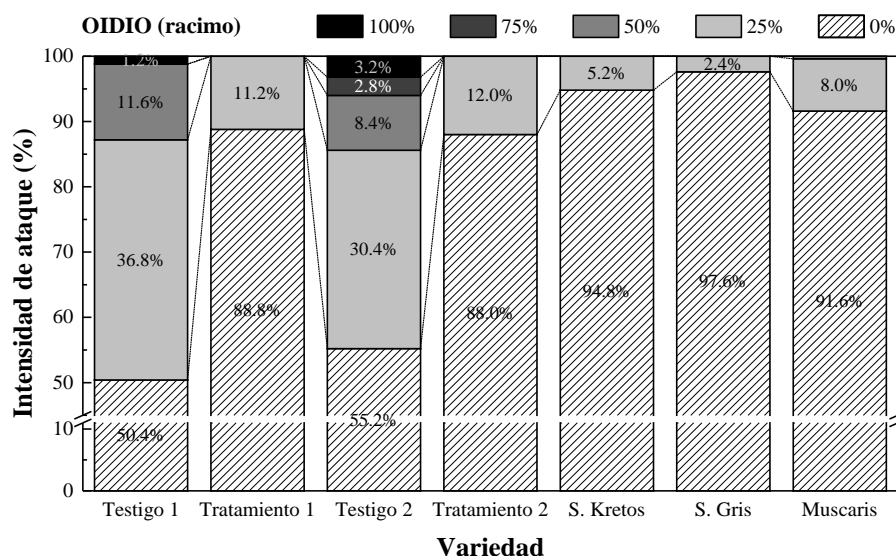
La evolución del grado de ataque en racimo se puede apreciar en la siguiente Figura 26. Esta nos muestra el efecto del ataque de oídio en la variedad *Sauvignon blanc*, comparando las viñas testigo y las tratadas. Se observa que el daño comienza en la misma fecha, pero que es controlado de forma efectiva por el tratamiento, que mantiene un nivel de daño bajo (alrededor del 3%-5%) en las cepas tratamiento, mientras que en las cepas testigo se alcanza un daño de un 12-15%. En las mismas circunstancias, las variedades resistentes tienen un daño del 2-4%.



#### 3.9.2.2. Intensidad de ataque en racimo

Como se aprecia en la Figura 27, la intensidad de ataque ha sido notoria en las variedades testigo, alcanzando unos porcentajes de ataque del 45-50%, con diversos grados de afección. En las variedades tratamiento se observan unos valores menores a los obtenidos anteriormente, del 11-12%. Con respecto a las variedades PIWI, destacar el porcentaje de ataque obtenido en la variedad *Muscaris*, el cuál alcanza el 8%. El resto de las variedades se encuentran entre 2-5% de grado de ataque.

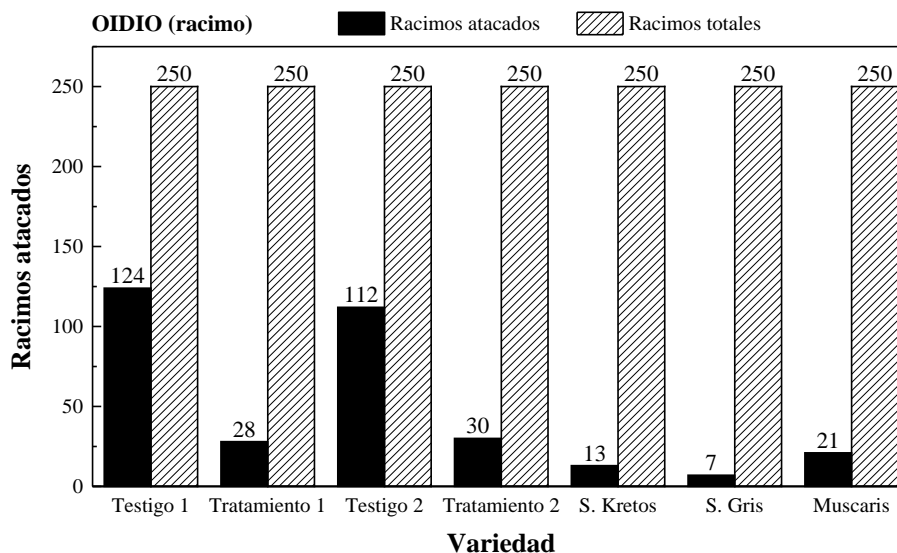




**Figura 27.** Intensidad de ataque del oídio en racimo durante la campaña 2018 (Elaboración propia).

### 3.9.2.3. Incidencia de ataque en racimo

Como se aprecia en la Figura 28, se ha encontrado un gran daño en las cepas testigo 1 y 2, donde encontramos 124 y 112 racimos atacados respectivamente. En las variedades tratadas se observa que los daños se reducen de forma muy notable. En las variedades PIWI, los daños han sido muy bajos, salvo en la variedad *Muscaris*, en la que el número de racimos atacados casi alcanzó el número de racimos atacados en las variedades tratamiento, si bien con una intensidad de ataque menor.



**Figura 28.** Incidencia de ataque del oídio en racimo durante la campaña 2018 (Elaboración propia).

### 3.9.2.4. Eficacia de tratamiento en racimo

Como se muestra en la Tabla 31, los valores obtenidos han sido de 81,83 y 83,06% en las parcelas 1 y 2, respectivamente, obteniendo una media de 82,5% de eficacia de tratamiento para oídio. Se trata de valores altos, llegando a obtener eficacias del 90% en ambas parcelas.

**Tabla 31.** Eficacia de tratamiento encontrada en racimo para oídio durante la campaña 2018  
(Elaboración propia)

Fecha	Testigo 1	Tratamiento 1	Testigo 2	Tratamiento 2	Parcela 1	Parcela 2
15/06/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23/06/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29/06/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05/07/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14/07/18	23,00	7,00	18,00	0,00	69,57 ± 11,31	100,00 ± 12,73
20/07/18	30,00	8,00	29,00	11,00	73,33 ± 15,56	62,07 ± 12,73
26/07/18	31,00	3,00	41,00	4,00	90,32 ± 19,80	90,24 ± 26,16
03/08/18	31,00	3,00	31,00	7,00	90,32 ± 19,80	77,42 ± 16,97
10/08/18	29,00	3,00	34,00	5,00	89,66 ± 18,38	85,29 ± 20,51
16/08/18	18,00	4,00	18,00	3,00	77,78 ± 9,90	83,33 ± 10,61
					81,83 ± 15,79	83,06 ± 16,62

### 3.9.3. Modelización del oídio

Para realizar el estudio de modelización del oídio se ha decidido seguir el cálculo según el modelo de Gubler, donde una vez producida la infección, el modelo cambia a la fase de evaluación del riesgo y se basa completamente en el efecto de la temperatura sobre la tasa de reproducción del patógeno (Gubler et al., 1999). Los datos climáticos tomados para dicho estudio proceden de la placa depositada al inicio de la campaña dentro de la plantación, y a partir de la cual se ha conseguido un mayor registro de valores (recogida de datos cada 10 minutos) y una mayor precisión. Estos se encuentran en el apartado 3.7. Datos climáticos.

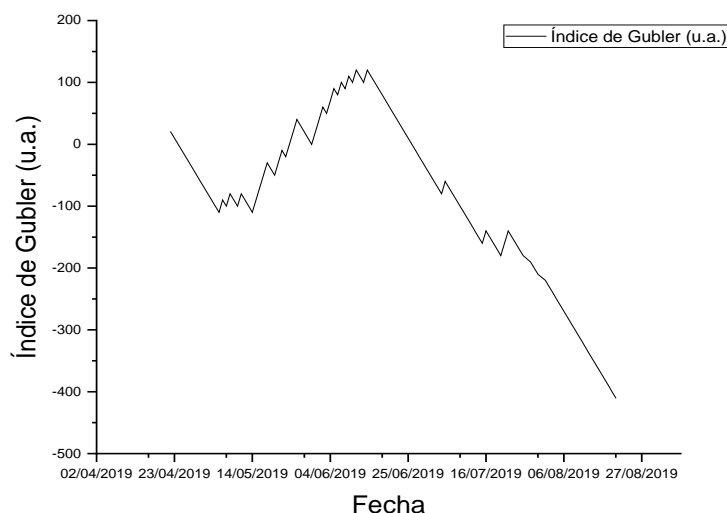
Para llevar a cabo dicha práctica, en primer lugar se ha determinado la fecha en la que se producen las condiciones favorables a partir de las cuales comienza el desarrollo del hongo.

Según Gubler se debe cumplir lo siguiente: se debe establecer como temperatura óptima para la reproducción, infección y avance de la enfermedad el rango comprendido entre 20 y 30 °C. Para que se produzca el inicio de la infección debemos de encontrar 3 días consecutivos con un mínimo de 6 horas con esos valores de temperatura. Tras realizar el análisis, se concluyó que la fecha de inicio de ataque se produjo el día 22 de abril.

Posteriormente se ha procedido a realizar el cálculo del índice de ataque siguiendo las pautas establecidas por el modelo, las cuales son las siguientes:

- Se deberá agregar 20 puntos de riesgo por día cuando se dan temperaturas comprendidas entre 20 y 30 °C durante 6 horas.
- Se deberá restar 10 puntos de riesgo cuando en un día las horas a esa temperatura son menos de 6 o cuando las temperaturas alcanzan los 33 °C o más.

Para establecer los valores, se inició el día 22 de abril con un índice de 0, momento en el que se produce el inicio y no es necesario realizar ningún tratamiento puesto que no hay reproducción del patógeno. Los valores son negativos hasta el día 26 de mayo, donde se obtiene un valor de 40, a partir del cual se declara que se deben comenzar las aplicaciones de tratamiento en intervalos normales, puesto que el ciclo reproductivo del patógeno se completa, aproximadamente, en 15 días. El día 30 de mayo se vuelve a obtener un índice de 0, y, a partir del día 1 de junio vuelven a aparecer valores de 40 a 50. Durante las fechas comprendidas entre el 4 de junio y 20 de junio se obtienen valores con índice de 60 a 100. En este periodo de tiempo de debe reducir el intervalo de aplicaciones para ajustarlo a un ciclo de reproducción del hongo de 5 días. A partir del día 20 de junio se produce la disminución del índice hasta llegar a valores negativos el día 27 de junio. Estos valores se pueden observar en la Figura 29, adjunta a continuación.



**Figura 29.** Evolución del índice de riesgo para oídio según el modelo de Gubler (Elaboración propia)

La primera anotación debida a daños por *U. necator* se produjo el día 14 de julio en racimo, puesto que, como ya se ha comentado en el apartado 3.9.1. Resultados de enfermedad en hoja, no se produjeron daños en hoja para dicha enfermedad. Esta fecha no se corresponde con el modelo obtenido, puesto que el día 14 de julio se obtuvo un índice de -150. Esto puede deberse a una mala interpretación de la sintomatología en campo, habiéndose podido producir los síntomas en un momento anterior al nombrado. Además, se trata de un método genérico donde no se ha obtenido una adaptación específica a la zona concreta de estudio para poder ajustar los valores.

Con respecto a los tratamientos realizados por Viñas del Vero, encontramos una primera aplicación antioídio el día 3 de mayo, seguido de las fechas 17 de mayo, 24 de mayo, 8 de junio, 22 de junio y 9 de julio. Dichos tratamientos si se ajustan ligeramente a las fechas marcadas por el modelo, pudiendo concluir que se trata de un método predictivo que puede servir de guía para establecer las fechas de tratamientos preventivos. Sin embargo, debería ajustarse de forma que fuese más específico para la zona tratada.

### 3.9.4. Estudio trianual

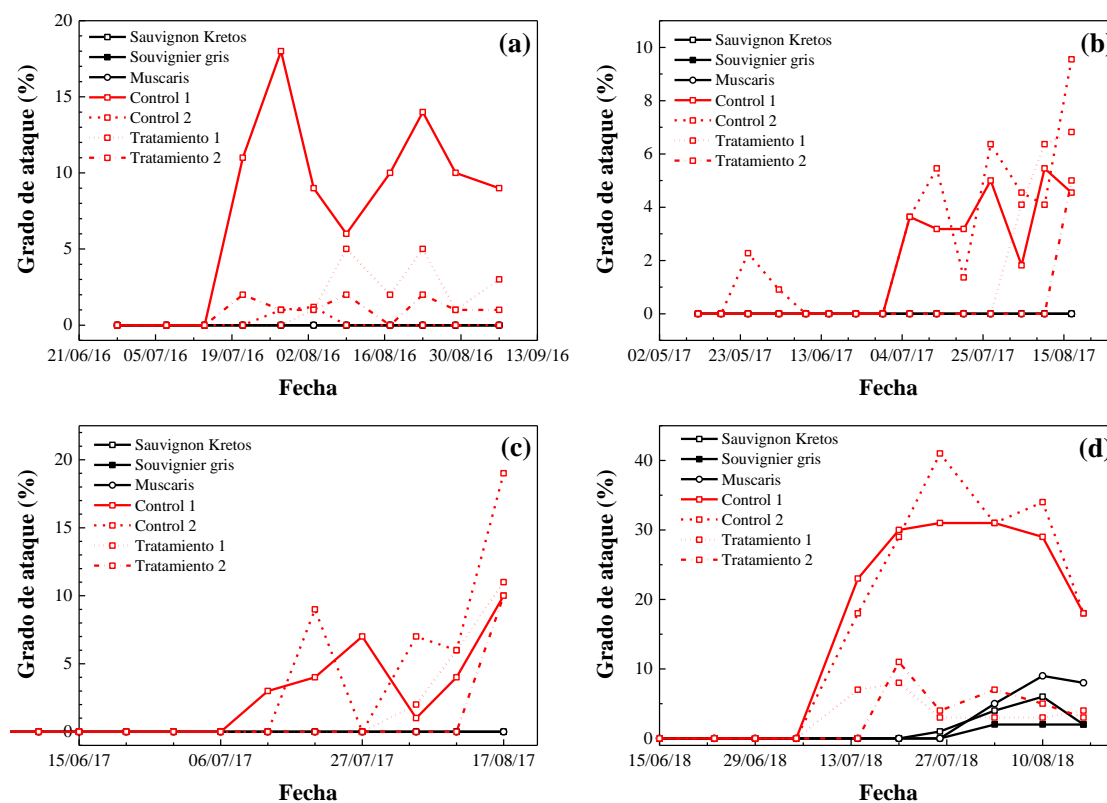
#### 3.9.4.1. Evolución temporal del grado de ataque en hoja y racimo para las diferentes campañas

Como se muestra en la Figura 30, en la campaña 2016, y en concreto el 5 de julio, se observaron ataques muy leves en hoja en las variedades testigo y tratamiento. En las variedades PIWI no se produjo ataque. El ataque en racimo apareció la semana del 19 de julio (Figura) y resultó significativo en las variedades testigo, en las que se alcanzó aproximadamente un 20% de ataque (en las variedades PIWI no se apreció racimo alguno afectado).

En la campaña 2017 no hubo ataque de oídio en las PIWI, pero sí en las variedades testigo y tratamiento, tanto en hoja, como en racimo (Figura 30).

En la campaña 2018 no se detectó ataque en hojas de testigos, tratadas o PIWI, pero sí en racimos (Figura 30). En racimo podemos concluir que, en la variedad *Sauvignon Kretos* se registró un bajo ataque, con un total de 13 anotaciones, todas ellas menores al 25% durante el periodo comprendido entre el 26 de julio y 16 de agosto. En la variedad *Southern gris* se registró un grado de ataque todavía menor, con un total de 6 anotaciones, todas ellas menores

al 25% durante el periodo comprendido entre el 3 de agosto y el 16 de agosto. Por último, en la variedad *Muscaris* se registraron 20 anotaciones menores al 25% de daño durante el intervalo de tiempo entre el 3 de agosto y el 16 de agosto, y solamente una anotación, con rango de ataque del 25-50%, en la última medida realizada el día 16 de agosto. Comparativamente, los grados de ataque en plantas testigo y tratadas fueron notablemente más altos.



**Figura 30.** Evolución temporal del grado de ataque de oídio en: (a) campaña 2016 en racimo; (b) campaña 2017 en hoja; (c) campaña 2017 en racimo; y (d) campaña 2018 en racimo (Elaboración propia)

### 3.9.4.2. Eficacia de tratamiento en hoja y racimo para las diferentes campañas

Como se muestra en la Tabla 32, en la campaña 2016 se observaron eficacias de tratamientos superiores al 50%, tanto en hoja como en racimo. En la campaña 2017 fueron superiores al 60% en hoja (alcanzándose un 93% en la parcela 2), igual que lo ocurrido para racimo, donde se alcanzó el 67,2%. En la campaña 2018, la eficacia media contra oídio en racimo fue de hasta un 82%.

**Tabla 32.** Eficacia de tratamiento encontrada en hoja y racimo para oídio durante las campañas 2016, 2017 y 2018 (Bernad, 2018; Elbaile, 2016) (Elaboración propia)

Campaña	Enfermedad	Órgano afectado	Eficacia Parcela 1	Eficacia Parcela 2
2016	Oídio	Hoja	83,33 ± 28,87	50,00 ± 70,71
2017	Oídio	Hoja	58,93 ± 47,58	93,41 ± 17,44
2018	Oídio	Hoja	-	-
2016	Oídio	Racimo	75,81 ± 27,45	2,29 ± 6,08
2017	Oídio	Racimo	50 ± 54,70	84,42 ± 29,15
2018	Oídio	Racimo	81,83 ± 15,79	83,06 ± 16,62

### 3.10. Podredumbre gris (*Botrytis cinerea*)

A continuación se muestran los daños atribuidos a *B. cinerea* en base al análisis realizado de forma visual, tanto de hojas como se racimos en las diferentes cepas. Estos daños se analizan en los diferentes apartados encontrados a continuación.

En la Figura 31 aparecen imágenes obtenidas de la publicación *Guía de gestión integrada de plaga. Uva de transformación* de Ministerio de Agricultura (2014), puesto que durante la campaña 2018 no se observó la presencia de dicha enfermedad, ni la sintomatología nombrada.



**Figura 31.** Daños producidos por podredumbre gris (Ministerio de Agricultura, 2014).

#### 3.10.1. Resultados de enfermedades en hoja

No se han detectado daños producidos por *Botrytis cinerea* en hoja en ninguna de las variedades objeto de estudio, tanto en las variedades PIWI, como en las variedades testigo y tratamiento.

### 3.10.2. Resultados de enfermedades en racimo

No se han detectado daños producidos por *Botrytis cinerea* en racimo en ninguna de las variedades objeto de estudio, tanto en las variedades PIWI, como en las variedades testigo y tratamiento.

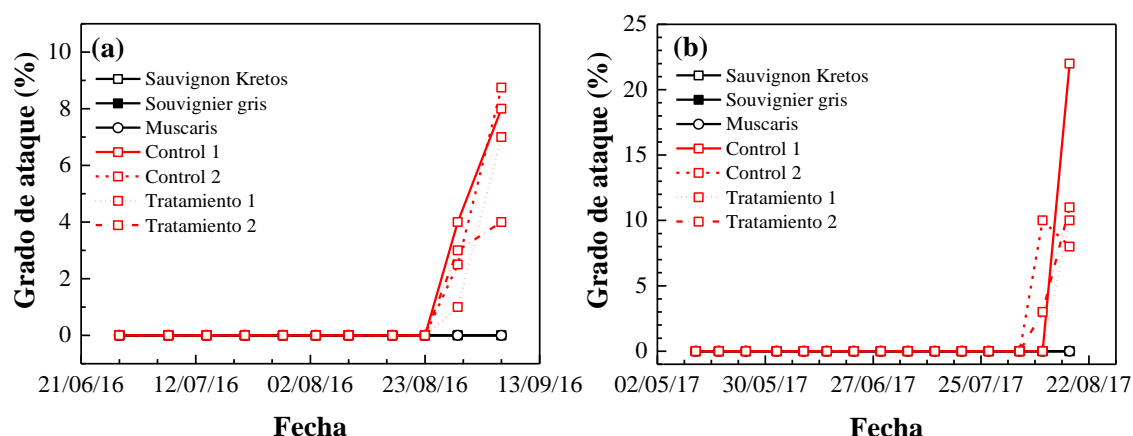
### 3.10.3. Estudio trianual

#### 3.10.3.1. Evolución temporal del grado de ataque en hoja y racimo para las diferentes campañas

Como se muestra en la Figura 32, en la campaña 2016 se detectaron ataques a finales del mes de agosto en las cepas testigo y tratadas, sin detectarse ningún síntoma en las PIWI. Los racimos que presentaron daño fueron en su mayoría con un 25-50% de intensidad de ataque.

En la campaña 2017 no hubo ataque en las variedades PIWI. En las cepas testigo y tratadas se detectaron daños puntuales en racimo el 10 y el 17 de agosto (con intensidad de ataque de hasta el 50%), que afectaron a un porcentaje inferior al 4% de los racimos muestreados.

En la campaña 2018 no se detectaron daños por podredumbre gris en ningún caso (tanto en las variedades PIWI, como en las variedades testigo y tratamiento).



**Figura 32.** Evolución temporal del grado de ataque de podredumbre gris en las campañas 2016 (a) y 2017 (b) (Elaboración propia)

#### 3.10.3.2. Eficacia de tratamiento en hoja y racimo para las diferentes campañas

Si bien, durante las tres campañas no se realizó ningún tratamiento específico contra *B. cinerea*, se ha calculado el grado de eficacia de los tratamientos aplicados durante las campañas sobre esta. Como se muestra en la Tabla 33, en la campaña 2016 se obtuvo una eficacia de tratamiento de 100% en hoja en ambas parcelas, y de 35,45% en racimo. En la campaña 2017 se consiguió una eficacia del 35,4% en racimo. En la campaña 2018 no se observó dicha enfermedad, por lo que no se pudo obtener el grado de eficacia.

**Tabla 33.** Eficacia de tratamiento encontrada en hoja y racimo para podredumbre gris durante las campañas 2016, 2017 y 2018 (Bernad, 2018; Elbaile, 2016)(Elaboración propia)

Campaña	Enfermedad	Órgano afectado	Eficacia Parcela 1	Eficacia Parcela 2
2016	Podredumbre gris	Hoja	100,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00
2017	Podredumbre gris	Hoja	-	-
2018	Podredumbre gris	Hoja	-	-
2016	Podredumbre gris	Racimo	43,75 ± 44,19	27,15 ± 8,39
2017	Podredumbre gris	Racimo	54,55 ± 0	16,25 ± 76,01
2018	Podredumbre gris	Racimo	-	-

### 3.11. Tratamiento estadístico

Como se ha comentado anteriormente en el apartado 3.11. Tratamiento estadístico, se ha llevado a cabo el análisis del grado de ataque de las diferentes variedades. Puesto que, para poder aplicar Anova se deben de cumplir condiciones de normalidad y homocedasticidad, cuando no se verifican, se deben de utilizar pruebas estadísticas más robustas, en concreto, pruebas no paramétricas. El equivalente al Anova, en estadística no paramétrica, es el test de Kruskal-Wallis, y el equivalente al test Post-hoc de Tuckey es el test de Conover-Iman, que permite agrupar los resultados en grupos estadísticamente diferentes.

Una vez finalizado el análisis estadístico de los valores de grado de ataque para mildiu en hoja y racimo; y, para oídio en racimo, se ha concluido que no existen diferencias significativas en todos los casos cuando se hicieron comparaciones para cada variedad y estación de crecimiento por separado. Esto es debido a que existe un elevado grado de desviación. Los valores de los diferentes análisis se muestran en la Tabla 34, Tabla 35, Tabla 36, Tabla 37, Tabla 38 y Tabla 39.

**Tabla 34.** Prueba de Kruskal-Wallis para ataque de mildiu en hoja durante la campaña 2018 (Elaboración propia)

K (Valor observado)	4.980
K (Valor crítico)	12.592
GL	6
valor-p (bilateral)	0.546
alfa	0.05

**Tabla 35.** Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Conover-Iman (prueba bilateral) para mildiu en hoja durante la campaña 2018 (Elaboración propia)

Variedad	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos
<i>Muscaris</i>	10	284.000	28.400	A
<i>S. gris</i>	10	311.000	31.100	A
<i>S. Kretos</i>	10	312.000	31.200	A
Tratamiento 2	10	373.000	37.300	A
Tratamiento 1	10	386.000	38.600	A
Testigo 2	10	390.500	39.050	A
Testigo 1	10	428.500	42.850	A

**Tabla 36.** Prueba de Kruskal-Wallis para ataque de mildiu en racimo durante la campaña 2018 (Elaboración propia)

K (valor observado)	6.352
K (valor crítico)	12.592
GL	6
valor-p (bilateral)	0.385
alfa	0.05

**Tabla 37.** Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Conover-Iman (prueba bilateral) para mildiu en racimo durante la campaña 2018 (Elaboración propia)

Variedad	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos
<i>S. Kretos</i>	10	271.500	27.150	A
<i>Muscaris</i>	10	298.000	29.800	A
Tratamiento 1	10	348.500	34.850	A
<i>S. gris</i>	10	358.000	35.800	A
Tratamiento 2	10	383.000	38.300	A
Testigo 1	10	409.000	40.900	A
Testigo 2	10	417.000	41.700	A

**Tabla 38.** Prueba de Kruskal-Wallis para ataque de oídio en racimo durante la campaña 2018 (Elaboración propia)

K (Valor observado)	11.619
K (Valor crítico)	12.592
GL	6
valor p (bilateral)	0.071
alfa	0.05

**Tabla 39.** Comparación múltiple por pares mediante el procedimiento de Conover-Iman (prueba bilateral) para oídio en racimo durante la campaña 2018 (Elaboración propia)

Variedad	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos
<i>S. gris</i>	10	254.500	25.450	A
<i>S. Kretos</i>	10	292.500	29.250	A
<i>Muscaris</i>	10	296.000	29.600	A
Tratamiento 2	10	349.500	34.950	A
Tratamiento 1	10	366.500	36.650	A
Testigo 1	10	460.500	46.050	A
Testigo 2	10	465.500	46.550	A

Buscando obtener mayor información, se realizó un PCA (análisis de componentes principales) con los datos del grado de ataque de las tres enfermedades fúngicas durante todo el periodo de estudio (campaña 2016-2018). Como se puede observar en la Tabla 40, la tendencia más fuerte en el conjunto de características (componente 1) se asoció a la variedad *Sauvignon blanc* (testigo y tratamiento), la segunda tendencia (componente 2) se asoció a las variedades PIWI, y la tercera tendencia, que no aparece, (componente 3) se asoció con la fecha. Dicho esto, se evidencia un comportamiento diferencial para estas variedades frente a la testigo, independientemente del año y de la enfermedad.



**Tabla 40.** Resultados de PCA. Valores propios (arriba) y correlaciones entre variables y factores después de la rotación Varimax (abajo) (Elaboración propia).

	F1	F2	F3
Valores propios	4.679	1.339	0.798
Variabilidad (%)	58.487	16.742	9.978
Acumulativo %	58.487	75.229	85.207

	D1	D2
Fecha	0.407	0.313
<i>S. Kretos</i>	0.216	<b>0.916</b>
<i>S. gris</i>	0.554	<b>0.712</b>
<i>Muscaris</i>	0.121	<b>0.912</b>
Testigo 1	<b>0.857</b>	0.372
Testigo 2	<b>0.889</b>	0.270
Treatment 1	<b>0.771</b>	0.105
Treatment 2	<b>0.921</b>	0.136

### 3.12. Vinificación

#### 3.12.1. Vendimia

La vendimia de la campaña 2018 se realizó a lo largo de dos mañanas. El día 22 de agosto se procedió a la vendimia de la variedad *Muscaris*, mientras que las variedades *Sauvignon Kretos* y *sauvignier gris* se recolectaron el día 3 de septiembre.

Esta vendimia se realizó de forma manual, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 41.** Rendimiento de producción en las variedades PIWI.

Variedad	Cepas vendimiadas	kg totales	kg/cepa	kg/ha
<i>Muscaris</i>	61	122,70	2,01	7925,21
<i>S. gris</i>	47	171,72	3,65	14395,25
<i>S. Kretos</i>	40	148,33	3,71	14610,51

Tras la vendimia, se procedió al transporte de la producción a una empresa externa situada en la localidad de Haro (La Rioja). Dicha empresa, Fusión vónica, se encargó de realizar la microvinificación.

#### 3.12.2. Obtención del mosto

Para la obtención del mosto, se realizó un prensado sin despalillar y, sin realizar una maceración previa. A este se le adicionó la enzima Pectazina (3g/100kg), para facilitar el desfogado del mosto; y, sulfuroso a 30 mg/l con metasulfito, el cual es antioxidante, capturando el O<sub>2</sub> existente, además de actuar como antifúngico y antimicrobiano.

Tras esto, se realizó el desfogado durante 24 horas en frío, y, el trasiego e inoculación de la levadura seca activa *Saccharomyces bayanus* FERVENS SLB a 20g/hl. Esta es una cepa de carácter neutro, con la cual no se aporta nada al mosto, y se respeta el carácter varietal de la variedad.

### 3.12.3. Análisis pre-fermentación

A continuación, se muestran los valores iniciales de los mostos, antes de comenzar la fermentación:

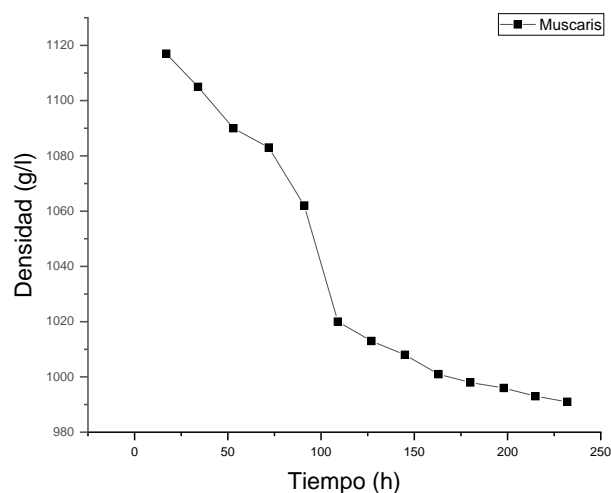
**Tabla 42.** Valores iniciales de los mostos en el análisis pre-fermentación

Variable	<i>Muscaris</i>	<i>S. gris</i>	<i>S. Kretos</i>
Acidez total (g/L)	3,90	5,50	6,10
pH	3,71	3,38	3,16
Potasio (mg/L)	1280,00	804,00	1220,00
Grado alcohólico probable	15,60	14,96	13,66
Ácido tartárico (g/L)	5,10	4,20	3,90
Ácido málico (g/L)	2,10	2,00	2,90
NFA (mg/L)	224,00	84,00	100,00
N amonio (mg/L)	112,00	80,00	74,00
N amoniacal (mg/L)	112,00	20,00	10,00
SO <sub>2</sub> libre (mg/L)	-	14,00	<10,00
SO <sub>2</sub> total (mg/L)	-	33,00	24,00

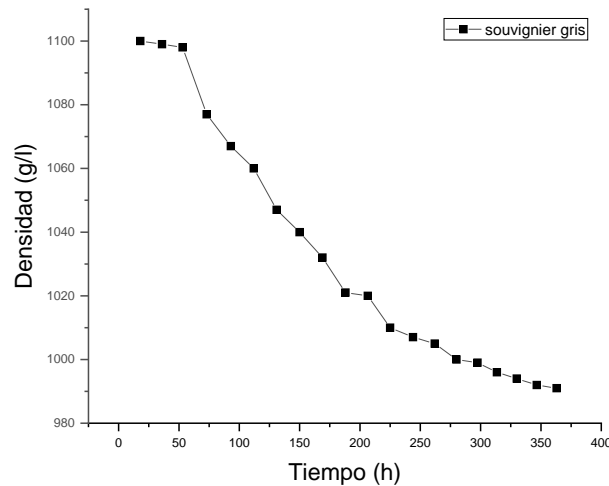
### 3.12.4. Fermentación

Al arranque de la fermentación, se le añade al mosto una nutrición compleja (BIO-S-FREE) para subir el NFA hasta 250 mg/L. También se le añadió un coadyuvante de fermentación (KOLIREX CP (Bentonita + PVPP + Celulosa)) a 50 g/hL.

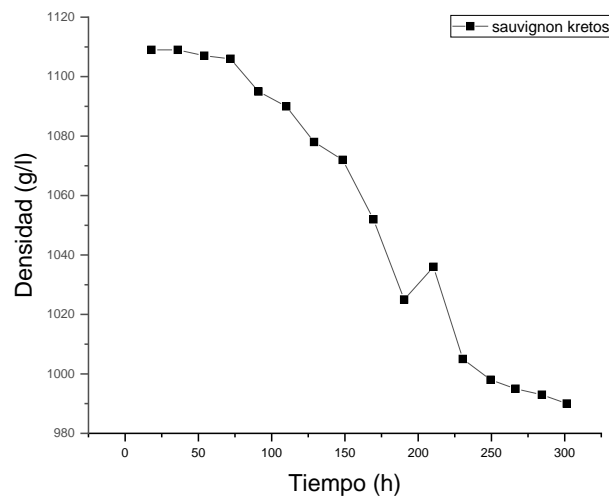
Para llevar a cabo el seguimiento de la fermentación, se midió la densidad de los mostos de los vinos, hasta obtener densidades inferiores a 1000 g/L, como se muestra a continuación (Figura 33, Figura 34 y Figura 35)



**Figura 33.** Seguimiento de fermentación en la variedad *Muscaris* (Elaboración propia)



**Figura 34.** Seguimiento de fermentación en la variedad Sauvignier gris (Elaboración propia)



**Figura 35.** Seguimiento de fermentación en la variedad Sauvignon Kretos (Elaboración propia)

Hacia el último tercio de la fermentación se realizó la adición de cortezas detoxificantes (WYNTUBE PROLIFE) a una dosis de 25 g/hL.

### 3.12.5. Fin fermentación

Una vez finalizada la fermentación alcohólica, se procedió al trasegado de los vinos, cuyo objetivo era la eliminación de los lías gruesas que estos pudiesen contener.

Como resultado, obtenemos diferentes valores para las siguientes características, antes y después de dicho proceso:

**Tabla 43.** Análisis de los vinos terminados antes del descube.

Variable	<i>Muscaris</i>	<i>S. gris</i>	<i>S. Kretos</i>
Acidez volátil	0,63	0,58	0,75
Sulfuroso libre (mg/L)	>5,00	6,00	>5,00
Sulfuroso total (mg/L)	86,00	28,00	>20,00
Grado alcohólico (% vol.)	15,83	24,22	15,75
pH	3,53	3,07	3,48
Acidez total (g/L)	6,00	6,90	6,70
Azúcares reductores (g/L)	2,60	3,80	1,20
Ácido málico (g/L)	1,58	1,17	2,00

**Tabla 44.** Análisis de los vinos terminados tras el trasiego.

Variable	<i>Muscaris</i>	<i>S. gris</i>	<i>S. Kretos</i>
Acidez volátil	0,58	0,48	0,80
Sulfuroso libre (mg/L)	11,00	11,00	27,00
Sulfuroso total (mg/L)	105,00	57,00	62,00
Grado alcohólico (% vol.)	16,22	14,35	15,55
pH	3,54	3,09	3,41
Acidez total (g/L)	5,70	6,80	6,00
Azúcares reductores (g/L)	1,40	1,90	1,40
Ácido málico (g/L)	1,55	1,08	1,95

Los resultados obtenidos con respecto al grado alcohólico, en la variedad *Souvignier gris* se observa una clara disminución, la cual es más leve en las variedades *Muscaris* y *Sauvignon Kretos*, quedando todas con un nivel similar con respecto a dicho parámetro.

Por otro lado, se puede observar una disminución de la acidez total (g/L) en las tres variedades, sin embargo, esta todavía se caracterizaría por ser alta con respecto a la encontrada en un vino de calidad estándar.

### 3.12.6. Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizó en la bodega Viñas del Vero. En esta se dictaminó la gran intensidad aromática que desprendían los tres vinos. Además, no se observaron defectos derivados de mala elaboración o mala conservación; y, los aromas se consideraron poco relacionados con alimentos.

La variedad *Sauvignon Kretos* fue la más aceptada, siendo la que podía recordar a registros conocidos.

### 3.12.7. Estudio trianual

Puesto que durante la primera campaña no se realizó el análisis del vino procedente de las variedades, vamos a realizar la comparativa obtenida durante la realización de dicho estudio en las campañas 2017 y 2018, con respecto a los valores iniciales de los mostos:

**Tabla 45.** Valores iniciales de los mostos en las campañas 2017 y 2018 para las tres variedades PIWI.

Variable	<i>Muscaris</i>		<i>S. gris</i>		<i>S. Kretos</i>	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Acidez total (g/L)	<b>3,79</b>	<b>3,90</b>	6,08	5,50	<b>6,61</b>	<b>6,10</b>
pH	3,15	3,71	3,35	3,38	3,14	3,16
Grado alcohólico probable	<b>16,20</b>	<b>15,60</b>	14,30	14,96	12,90	13,66
NFA	165,00	224,00	190,00	<b>84,00</b>	223,00	100,00

En la vinificación realizada en las campañas 2017 y 2018, los valores de pH y grado alcohólico probable se encuentran en los datos medios de otras variedades cultivadas en el territorio, aunque, cabría destacar la variedad *Muscaris*, la cual alcanza un grado alcohólico muy alto, y una acidez demasiado baja.

Por otro lado, podemos observar que, la variedad *Souvignier gris* presenta diferencias con respecto al nitrógeno fácilmente asimilable, encontrándose este por debajo de los valores obtenidos en el resto de variedades, y que podría plantear problemas en la fermentación, si no llegase a corregir

## 4. CONCLUSIONES

1. Con respecto al seguimiento fenológico, las fechas se ajustan a las características varietales. Existen mínimas diferencias, como se puede observar en el apartado 3.1 Fenología. Sin embargo, existe una gran homogeneidad entre las fechas observadas. En relación con la caracterización ampelografía, los resultados obtenidos en campo se ajustaron a lo establecido en las fichas varietales para la mayor parte de los descriptores durante las tres campañas. En la campaña 2016 se detectaron pequeñas diferencias, las cuales quedarían atribuidas a una expresión de juvenilidad, debido a la corta edad de la plantación. En general se observa que estas variedades tienen un comportamiento similar a las cultivadas en la D.O. Somontano y no presentaron problemas de adaptación.
2. Los resultados de maduración mostraron un aumento en la producción de las variedades PIWI y testigo o tratamiento, con respecto a las campañas anteriores. Si bien, el peso correspondiente a 100 bayas no aumentó con respecto a la campaña 2017, sí se encontró un mayor peso en racimo. En la campaña 2018 el mayor peso se encontró en la variedad *Sauvignon Kretos*, con 490,6 g, y, el menor se obtuvo en la variedad *Muscaris* con 160,95 g.
3. Los valores obtenidos en el índice de Ravaz mostraron un desequilibrio en la variedad *Souvignier gris* durante la campaña 2017, y *Muscaris* en la campaña 2018. Estos valores superaron el umbral marcado por el autor, correspondiéndose con un exceso de producción para el vigor encontrado en la variedad.
4. Con respecto a *Plasmopara viticola* los daños encontrados durante la campaña 2018 han sido superiores a los encontrados durante los años anteriores. Se han anotado ataques tanto en hoja como en racimo en las variedades PIWI, testigo y tratamiento. Los daños obtenidos en las cepas testigo han sido mayores, llegando a alcanzar el 60% de grado de ataque. Sin embargo, se produjeron diferentes anotaciones tanto en hoja como en racimo en las variedades PIWI, demostrando cierta susceptibilidad a dicha enfermedad. Las variedades que mostraron mayor afección fueron *Sauvignon Kretos* con 22 anotaciones en hoja y *Souvignier gris* con 7 anotaciones en racimo. Cabe destacar que todas las anotaciones correspondientes a las variedades PIWI fueron menores al 25%.  
El grado de eficacia observado en las diferentes campañas es variable, encontrando baja eficacia durante la campaña 2016 (18 y 47% en hoja y racimo, respectivamente) y media durante la campaña 2018 (63 y 65% en hoja y racimo, respectivamente).  
La modelización realizada mediante el modelo de Goidanich ha mostrado cierto desfase entre la fecha de la primera anotación de daños y la propuesta por el modelo como finalización de incubación y aparición de la sintomatología. Este desfase como hemos comentado en el apartado 3.8.3 Modelización de mildiu, puede deberse a los valores propuestos, y se debería de realizar un ajuste en función de la zona de estudio.
5. En referencia a *Uncinula necator* los daños encontrados durante la campaña 2018 han sido nulos en hoja, pero superiores en racimo con respecto a las campañas anteriores. Se anotaron ataques en racimo tanto en las variedades PIWI como en testigo y tratamiento. Los daños obtenidos en las cepas testigo han sido mayores, encontrando valores del 40% de grado de ataque. En este caso, también se encontraron diferentes anotaciones de las variedades PIWI. La variedad PIWI que mostró mayor afección fue la variedad *Muscaris* con 20 anotaciones aunque todas ellas menores al 25% de daño.  
En el grado de eficacia observado en las diferentes campañas encontramos una eficacia media durante la campaña 2016 (50% tanto en hoja como en racimo), algo superior durante

la campaña 2017 (60 y 67,2% en hoja y racimo, respectivamente) y altas en la campaña 2018 (82% en hoja).

La modelización realizada mediante el modelo de Gubler ha mostrado que se trata de un modelo predictivo, que puede servir de guía para establecer las fechas de tratamientos preventivos. Sin embargo, este debería ajustarse a las condiciones específicas de la zona de estudio.

6. Respecto a *Botrytis cinerea* los daños encontrados durante la campaña 2018 han sido nulos tanto en hoja como en racimo para todas las variedades, tanto las PIWI, como testigo y tratamiento. Durante las campañas 2016 y 2017 se detectaron daños puntuales al final de maduración en las variedades testigo y tratamiento. Estos daños alcanzaron en 50% de intensidad de ataque en ambos casos.  
En la eficacia de tratamiento para dicha enfermedad, como se ha comentado, no se realizaron tratamientos específicos, sin embargo se cuantificaron, obteniendo en la campaña 2016 un 100% en hoja en ambas parcelas y un 35,45% en racimo. En la campaña 2017 se consiguió una eficacia del 35,4% en racimo. Para dicha enfermedad sería interesante realizar el seguimiento de las variedades PIWI durante años de mayor afección, para poder probar su verdadera resistencia.
7. En cuanto a los resultados obtenidos en la vendimia, se obtuvo un mayor rendimiento en la variedad *Sauvignon Kretos* con 3,71 kg/cepa, seguido de la variedad *Southern gris* con 3,65 kg/cepa, y por último *Muscaris* con 2,01 kg/cepa.
8. En lo referente a los valores iniciales de los mostos, durante la campaña 2017 se obtuvo una acidez total elevada en la variedad *Sauvignon Kretos*, igual que lo ocurrido durante la campaña 2018. También para la última campaña se mostraron valores bajos en nitrógeno fácilmente asimilable (NFA) en la variedad *Southern gris*, lo cual puede provocar problemas en la fermentación si no se corrige. La variedad *Muscaris* en ambos años presentó un grado alcohólico muy alto y, una acidez total demasiado baja.
9. En el análisis sensorial de la campaña 2017 se encontró un mejor perfil organoléptico en la variedad *Muscaris*. En la variedad *Sauvignon Kretos* se encontraron ciertas notas desagradables, y *Southern gris* quedó descartada. En la campaña 2018 se coincidió en que *Sauvignon Kretos* podría ser la más interesante, puesto que puede recordar a registros ya conocidos en otras variedades tradicionales. Sin embargo, cabría destacar que debería de perfilarse las características destacadas en el punto 11.
10. Las variedades PIWI han demostrado tener gran tolerancia a las diferentes enfermedades estudiadas, mostrado una ligera susceptibilidad a mildiu y oídio. Estas han mostrado tener grandes cualidades tanto productivas como organolépticas, pudiendo convertirse en una alternativa a las variedades tradicionales, ofreciendo características similares y, una gran reducción en el uso de productos fitosanitarios. Las variedades de mayor aceptación han sido *Sauvignon Kretos* y *Muscaris*, por diferentes características mostradas, nombradas anteriormente.

## 5. REFERENCIAS

- Abbott, W. S. (1925). Abbott's formula. *Journal of Economic Entomology*, 18, 267-268.
- Aliquó, G., Catania, A., & Aguado, G. (2010). *LA PODA DE LA VID* (G. Secretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ed.).
- Andalucía, J. d. (2014). Protocolo de campo para el seguimiento del cultivo: Vid. In. Sevilla: Red de Alerta e Información Fitosanitaria.
- Angelotti, F., Scapin, C. R., Tessmann, D. J., Vida, J. B., Oliveira, R. R., & Canteri, M. G. (2008). Diagrammatic scale for assessment of grapevine rust. *Tropical Plant Pathology*, 33, 439-443.
- Ausín, M., & Rodrigues, M. (2015). Desarrollo e implementación de un sistema para detección temprana de enfermedades en vid en entorno R. *de la Riva, J., Ibarra, P., Montorio, R., Rodrigues, M (Eds)*, 491-500.
- Badía, D., Cuchí, J., Martí, C., & Casanova, J. (2006). *Los suelos de los viñedos en la D.O. Somontano* (Vol. 8). Zaragoza, Spain: Pressas Universitarias de Zaragoza.
- Baillo, M., & Baggiolini, M. (1993). Les stades repères de la vigne. *Revue suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, 25(1), 7-9.
- Barrios, G., Coscollá, R., Lucas Espadas, A., Perez de Obanos, J. J., Pérez, J. L., & Toledo, J. (2004). *Los parásitos de la vid. Estrategias de protección razonada* (5ª Ed.). Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Barrios, G., & Reyes, J. (2004). Modelización del mildiu de la vid. *Phytoma*, 164, 124-129.
- Bernad, A. (2018). *Comportamiento de variedades de vid resistentes a enfermedades fúngicas en la comarca del Somontano*. Retrieved from Huesca:
- Bonnet, P., & Lacombe, T. (2016). Le catalogue des vignes cultivées en France. Retrieved from <http://plantgrape.plantnet-project.org/es/nouvelles>
- Bouquet, A., Torregrosa, L., Locco, P., & Thomas, M. (2006). Grapevine (*Vitis vinifera* L.). pp. 273-285.
- Buonassisi, D., Colombo, M., Migliaro, D., Dolzani, C., Peressotti, E., Mizzotti, C., . . . Vezzulli, S. (2017). Breeding for grapevine downy mildew resistance: a review of "omics" approaches. *Euphytica*, 213(5). doi:10.1007/s10681-017-1882-8
- Caffi, T., Rossi, V., Cossu, A., & Fronteddu, F. (2007). Empirical vs. mechanistic models for primary infections of *Plasmopara viticola*. *EPPO Bulletin*, 37, 261-271.
- Chomé Fuster, P., Sotés Ruiz, V., Benayas y Sainz de Rozas, F., Cayuela González, M., Hernández Sánchez, M., Cabello Sáenz de Santa María, F., Ortiz Marcide, J., Rodríguez Torres, I., & Chaves Rabanal, J. (2003). *Variedades de vid. Registro de variedades comerciales*. Madrid.
- Conover, W. J. (1999). *Practical Nonparametric Statistics* (3 ed.). NJ: Wiley: Honoken.
- CSCV. (2018). *Aviso Nº 8 del día 5 de junio de 2018. Mildiu en vid.* . Centro de Sanidad y Certificación Vegetal Retrieved from <https://www.aragon.es/-/boletin-fitosanitario-de-avisos-e-informaciones>
- Díez Navajas, A. M. (2015). Implementation of Demonstrative & Innovative Strategies to reduce the use of phytosanitary products in viticulture.
- Eichhorn, K. W., & Lorenz, D. (1978). *Phaenologische Entwicklungsstadien der Rebe: Anwendungstermine d. Pflanzenschutzmittel; Sonderdr. aus "Der deutsche Weinbau"*: BASF.
- Elbaile, A. (2016). *Comportamiento de variedades de vid resistentes a enfermedades fúngicas en la comarca del Somontano*. Retrieved from Huesca:
- Fuller, K. B., Alston, J. M., & Sambucci, O. S. (2014). The value of powdery mildew resistance in grapes: Evidence from California. *Wine Economics and Policy*, 3(2), 90-107. doi:10.1016/j.wep.2014.09.001
- Galbrun, C. (2008). Etude INRA - Comment réduire ses coûts de production de 50%. Retrieved from <https://www.reussir.fr/vigne/comment-reduire-ses-couts-de-production-de-50>



- Galet, P. (1999). *Précis De Pathologie Viticole* (3 ed.). Montpellier, France: Imprimerie JF Impression.
- Gilles, T. (2004). Forecasting downy mildew diseases. In *Advances in downy mildew research — Volume 2* (pp. 35-67). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Gubler, W. D., Rademacher, M. R., & Vasquez, S. J. (1999). Control of Powdery Mildew Using the UC Davis Powdery Mildew Risk Index. . *APSnet Feature Articles*. doi:10.1094/APSnetFeature-1999-0199
- Hidalgo, J. (2006). La calidad del vino desde el viñedo. *Madrid: Ediciones Mundi-Prensa*.
- Lissarrague, J. R., Baeza, P., Peiro, E., Ayuso, J. M., Cibriain, F., Blanco, J. A., & Villalba, P. (2016). Híbridos resistentes a mildiu-oidio: la apuesta por la sostenibilidad y el respeto medioambiental de VCR. *Olint*, 29, 6-14.
- Lorenz, D., Eichhorn, K., Bleiholder, H., Klose, R., Meier, U., & Weber, E. (1995). Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*)-Codes and descriptions according to the extended BBCH scale. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 1(2), 100-103. doi:10.1111/j.1755-0238.1995.tb00085.x
- Lucas Espadas, A. (2008). *Plagas y enfermedades de la vid en la Región de Murcia*. Murcia: Dirección General de Modernización de Explotaciones y Capacitación Agraria.
- Maharjan, A., Bhatta, B., Prasad Acharya, R., C., S. G., & Shrestha, S. (2015). Efficacy assessment of treatment methods against powdery mildew disease of pea (*Pisum sativum* L.) caused by *Erysiphe pisi* var. *pisi*. *World Journal of Agricultural Research*, 3 (6), 185-191. doi:doi:10.12691/wjar-3-6-1.
- Martínez, L., Moreno, J. V., Chazarra, A., Gallego, T., Avello, M. E., & Botey, R. (2015). *Mapas de riesgo: heladas y horas frío en la España Peninsular (Periodo de 2002-2012)*. Retrieved from Madrid:
- Merdinoglu, D., Schneider, C., Prado, E., Wiedemann-Merdinoglu, S., & Mestre, P. (2018). Breeding for durable resistance to downy and powdery mildew in grapevine. *OENO One*, 52(3), 203-209. doi:10.20870/oeno-one.2018.52.3.2116
- Ministerio de Agricultura, A. y. M. A. (2014). Guía de gestión integrada de plagas. Uva de transformación., 149-151.
- Morgante, M., & Testolin, R. (2016). Nuovi vitigni resistenti alle malattie. In V. C. Rauscedo (Ed.), *Quaderni Tecnici VCR* (Vol. 15, pp. 40). Italia.
- OEVV. (2016). Variedades de especies de frutales que han solicitado Protección de Obtención Vegetal. Retrieved from <http://asovav.com/2016/09/07/variedades-especies-frutales-solicitado-proteccion-obtencion-vegetal/>
- OIV. (2001). Lista de descriptores OIV para variedades de vid y especies *vitis*. In O. I. d. I. v. e. d. vin (Ed.), (2ª ed., pp. 179). Paris.
- Pecile, M., Zavaglia, C., & Ciardi, A. (2016). *Sauvignon Kretos*. Italia: Ministerio delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali Retrieved from <http://catalogoviti.politicheagricole.it/catalogo.php>
- Pedneault, K., & Provost, C. (2016). Fungus resistant grape varieties as a suitable alternative for organic wine production: Benefits, limits, and challenges. *Scientia Horticulturae*, 208, 57-77. doi:10.1016/j.scienta.2016.03.016
- Pennington, T., Kraus, C., Alakina, E., Entling, M. H., & Hoffmann, C. (2017). Minimal Pruning and Reduced Plant Protection Promote Predatory Mites in Grapevine. *Insects*, 8(3). doi:10.3390/insects8030086
- Pennington, T., Reiff, J. M., Theiss, K., Entling, M. H., & Hoffmann, C. (2018). Reduced fungicide applications improve insect pest control in grapevine. *Biocontrol*, 63(5), 687-695. doi:10.1007/s10526-018-9896-2
- Perera González, S., Rodríguez de Acuña Pego, F., & Trujillo García, E. (2013). *Evaluación de eficacia de productos desecantes en el control de las podredumbres del racimo en viña*. Tenerife: Cabildo Insular de Tenerife.

- Pertot, I., Caffi, T., Rossi, V., Mugnai, L., Hoffman, C., Grando, M. S., . . . Anfora, G. (2017). A critical review of plant protection tools for reducing pesticide use on grapevine and new perspectives for the implementation of IPM in viticulture. *Crop Protect*, 97, 70-84.
- Piwi, I. (2019). What are fungus resistant grape varieties (PIWIs)? Retrieved from <https://www.piwi-international.de/en/information-en.html>
- Pomarici, E., & Vecchio, R. (2019). Will sustainability shape the future wine market? *Wine Economics and Policy*, 8(1), 1-4. doi:10.1016/j.wep.2019.05.001
- Pritchard, D. (2016a). *Muscaris* (originally known as Fr. 493-87). Retrieved from [http://www.winegrowers.info/varieties/Vine\\_varieties/Muscaris.htm](http://www.winegrowers.info/varieties/Vine_varieties/Muscaris.htm)
- Pritchard, D. (2016b). *Souvignier gris* (originally known as Fr. 392-83). Retrieved from [http://www.winegrowers.info/varieties/Vine\\_varieties/Souvignier%20gris.htm](http://www.winegrowers.info/varieties/Vine_varieties/Souvignier%20gris.htm)
- Puelles, J. Enfermedades en vides pisqueras. Retrieved from <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/PresentacionesIntihuasi/Charla%20Manejo%20de%20enfermedades.pdf>
- Reynolds, A. G., & Vanden Heuvel, J. E. (2009). Influence of Grapevine Training Systems on Vine Growth and Fruit Composition: A Review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60(3), 251-268.
- Rousseau, J., Chanfreau, S., & Bontemps, É. (2013). *Les Cépages Résistants and Maladies Cryptogamiques*. Bordeaux, France: Groupe ICV.
- Salinari, F., Giosue, S., Tubiello, F. N., Rettori, A., Rossi, V., Spanna, F., . . . Gullino, M. L. (2006). Downy mildew (*Plasmopara viticola*) epidemics on grapevine under climate change. *Global Change Biology*, 12(7), 1299-1307. doi:10.1111/j.1365-2486.2006.01175.x
- Sambucci, O., Alston, J. M., Fuller, K. B., & Lusk, J. (2019). The Pecuniary and Nonpecuniary Costs of Powdery Mildew and the Potential Value of Resistant Grape Varieties in California. *American Journal of Enology and Viticulture*, 70(2), 177-187. doi:10.5344/ajev.2018.18032
- SARGA. (2019). *Oficina del Regante*. Retrieved from <http://aplicaciones.aragon.es/oresa/contenido.visualizar.do?idContenido=1244>
- Siegfried, W., & Temperli, T. (2008). Piwi-Reben im vergleich—ein zwischenbericht. *Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau*, 17, 6-9.
- SIGPAC. (2019, Octubre 1). *Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas*. Retrieved from <http://sigpac.mapa.es/fega/visoR/>
- Sivcev, B., Sivcev, I., & Rankovic-Vasic, Z. (2010). Natural process and use of natural matters in organic viticulture. *Journal of Agricultural Sciences, Belgrade*, 55(2), 195-215. doi:10.2298/jas1002195s
- Thomas, C. S., Gubler, W. D., & Leavitt, G. (1994). Field testing of a powdery mildew disease forecast model on grapes in California. *Phytopathology*, 84(1070).
- Townsend, G. R., & Heuberger, J. W. (1943). Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *The Plant Disease Reporter*, 24, 340-343.
- Van der Meer, M., Weibel, F., Levite, D., Häseli, A., & Vombach, D. (2010). Acceptation des vins de cépages résistants par les consommateurs. *Revue suisse de viticulture, arboriculture et horticulture*, 42(2), 147-150.
- Vasconcelos, M. C., & Castagnoli, S. (2000). Leaf Canopy Structure and Vine Performance. *American Journal of Enology and Viticulture*, 51(4), 390-396.
- Vickery, E. (2012). Hobby boards moisture meter datalogger. Instruction manual and technical specifications. In HobbyBoards (Ed.), (pp. 14). EEUU.
- WBI. (2016). Pilz widerstandsfähige Keltertraubensorten. Retrieved from <http://www.wbi-bw.de/pb/Lde/Startseite/Fachinfo/Pilzwiderstandsfahige+Keltertraubensorten>
- Yobregat, O. (2018). Introduction to resistant vine types: a brief history and overview of the situation. *OENO One*, 52(3), 241-246. doi:10.20870/oeno-one.2018.52.3.2220



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Comportamiento de variedades de vid tolerantes a  
enfermedades fúngicas en la comarca del  
Somontano

*Behavior of fungal-tolerant grapevine varieties in  
the Somontano region*

## Anexos

Autora

Carla Ferrer Martín

Directores

José Casanova Gascón

Pablo Martín Ramos

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

2019



## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- **Artículo publicado en la revista *Agronomy* (ISSN 2073-4395; Impact Factor: 2.259, Q1 JCR<sub>2018</sub>)**
- **Comunicación presentada en el X Congreso Ibérico de Agroingeniería**
- **Premio obtenido en el X Congreso Ibérico de Agroingeniería**



## Article

# Behavior of Vine Varieties Resistant to Fungal Diseases in the Somontano Region

José Casanova-Gascón <sup>1,\*</sup> , Carla Ferrer-Martín <sup>1</sup>, Antonio Bernad-Eustaquio <sup>1</sup>, Andrea Elbaile-Mur <sup>1</sup>, José M. Ayuso-Rodríguez <sup>2</sup>, Sergio Torres-Sánchez <sup>2</sup>, Adrián Jarne-Casasús <sup>2</sup> and Pablo Martín-Ramos <sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA) - Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural, EPS, Universidad de Zaragoza, Carretera de Cuarte, s/n, 22071 Huesca, Spain; carlaferrermartin@gmail.com (C.F.-M.); antonio.ber.eus@gmail.com (A.B.-E.); a\_elbaile@hotmail.com (A.E.-M.); pmr@unizar.es (P.M.-R.)

<sup>2</sup> Viñas del Vero S.A., Carretera Nacional 123 (km 3.7), 22300 Barbastro, Huesca, Spain; jayuso@vinasdelvero.es (J.M.A.-R.); storres@vinasdelvero.es (S.T.-S.); ajarne@vinasdelvero.es (A.J.-C.)

\* Correspondence: jcasan@unizar.es; Tel.: +34-(974)-239339

Received: 3 October 2019; Accepted: 8 November 2019; Published: 10 November 2019



**Abstract:** The vine is highly susceptible to numerous fungal diseases, the incidence and severity of which are increasing because of climate change. To fight them, large amounts of phytosanitary products are generally used, although they entail important economic and environmental costs. The new fungus resistant vine varieties (PIWI) constitute one of the most active lines of research on plant material in viticulture and are regarded as a viable solution to respond to the requirements of European Directive 2009/128/EC. In the present work, the evolution and impact of the three main fungal diseases (powdery mildew, downy mildew and botrytis bunch rot) were monitored in plots in the Somontano region (Huesca, Spain), comparing three PIWI varieties (Sauvignon Kretos, Souvignier gris and Muscaris) with a susceptible control variety (Sauvignon blanc) in real field growing conditions over three successive years (2016–2018). The main ampelographic characters of each variety were studied and a weekly follow-up was carried out to track the development of each disease, relating it to climatic variables. Regardless of the climatic conditions (one of the growing seasons was rainy and the other two corresponded to dry years, with differences in the distribution of rainfall), the three PIWI varieties hardly presented any symptoms, demonstrating a high resistance to downy mildew and powdery mildew and even to botrytis. Principal component analysis results pointed to a differential behavior versus the control and treated Sauvignon blanc plants in terms of disease resistance. Based on production results, despite the youth of the plantation, the excellent potential of Sauvignon Kretos variety was observed. However, from the analysis of the quality of wine obtained in microvinifications from these fungus resistant varieties in the second and third year, the one obtained from Muscaris seemed to have the best organoleptic properties. Apart from environmental considerations, given that these fungus resistant varieties can significantly contribute to the sustainability of wineries, they may also respond to the demand of consumers who want zero-pesticide products or of the supporters of ecological products adjusted to European regulations.

**Keywords:** *Plasmopara viticola*; *Uncinula necator*; *Botrytis cinerea*; *Vitis* spp.; resistance; PIWI

## 1. Introduction

The vine (*Vitis vinifera* L.) is highly susceptible to numerous diseases of fungal origin, mainly powdery mildew (*Uncinula necator* (Schwein.) Burrill, syn. *Erysiphe necator* Schwein.), downy mildew (*Plasmopara viticola* (Berk. & M.A. Curtis) Berl. & De Toni) and botrytis bunch rot (*Botrytis cinerea*

Pers.) [1]. The pressure of these diseases is forcing viticulturists to use large amounts of phytosanitary products, which entail substantial economic and environmental costs and which, in many cases, quickly generate resistance. According to Eurostat data, the application of phytosanitary products per hectare and year in viticulture is the highest among all crops [2], since in some cases the number of applications per growing season is higher than 12 [3], reaching up to 16 applications in times of high disease pressure. For instance, in the case of the Burgundy wine region, on average 15 applications/year are needed to manage mildew [4].

European Directive 2009/128/EC establishes in its article 14 the bases for the use of pesticides in a sustainable manner, highlighting as a fundamental aspect the reduction of their use, particularly that of copper in viticulture [3]. In Spanish legislation, reference to the sustainable use of phytosanitary products is made in Royal Decree 1311/2012. One of the most promising strategies involves prevention based on the development of fungus resistant varieties [3] obtained through breeding programs, although this approach is constrained by the limits of natural resistance [5] and strategies aimed at limiting the risk of resistance breakdown and to enhance its durability need to be employed [6].

Marker assisted selection, combined with backcrossing with multiple varieties of *V. vinifera*, has allowed to develop fungus resistant grape varieties with two resistance genes (Rpv1 ... Rpv27 against downy mildew; Ren1 ... Ren10, Run1 ... Run2.1, Run2.2 against powdery mildew, and so forth [7]) and a significant percentage (over 85%) of *V. vinifera* in their pedigree. These varieties, known as "PIWI" (from the German *Pilzwiderstandsfähig*, "resistant to fungal diseases") or fungus-resistant grapes (FRG), are accepted as *V. vinifera* in European catalogs [8]. Regulation (EU) 1308/2013 includes the use of these PIWI varieties for the production of wines, provided they are previously registered in the register of varieties of the country, and their use will be likely permitted in the production of wines with a designation of origin after the conclusion of the EU agricultural policy reforms currently in progress [9]. At present, Germany is the country with the highest number of licensed mildew resistant grape varieties, listed in the database of the German Federal Office of Varietal Registration (Bundessortenamt).

The resistance of these varieties varies with cultivar genetics and location [10]. Therefore, most cultivars of resistant varieties show some susceptibility to different pathogens, including powdery mildew, downy mildew, botrytis, black rot and anthracnose. These diseases are generally controlled with sulfur-based fungicides [3,11] or with copper-based formulations, but with a much smaller number of applications than in traditional varieties [12]. In a study conducted in six European countries, which included 183 PIWI varieties, a reduction in the number of fungicidal treatments ranging from 73% to 82% was obtained for medium and low disease pressure levels, respectively [3]. A similar result was also obtained in a study involving 65 German vineyards under ecological management, whose producers reported that they sprayed the fungus-resistant varieties about 3.8 times on average per growing season [13].

It is expected that the use of PIWI varieties will result in very important cost savings in annual disease control—for instance, in France, it has been estimated that production with resistant varieties could reduce production costs by half [14]. In California, it has been foreseen that the use of varieties resistant to powdery mildew could save at least \$48 million per year in the production of table grapes, raisins and wine [15]. In terms of pesticides annual costs, those associated with the control of downy mildew in conventional vineyards in Italy typically range from 8 to 16 M€/year, depending on disease pressure [16]. In California, Sambucci et al. [17], on the basis of pesticide use reports from California Department of Pesticide Regulation, estimated the statewide costs of managing powdery mildew in 2015 at about \$240 million. Moreover, powdery mildew management would account for 89% of restricted material (pesticide) applications.

Apart from aforementioned advantages in terms of environmental safety, reduced production costs and reduced carbon footprint, it has also been shown that conditions for natural pest control are improved in fungus-resistant grapevines because of reduced fungicide applications [18,19]. Regarding their yield, fungus resistant varieties are generally more vigorous and show greater



productivity [3,20–22]. A comprehensive and up-to-date panorama of the benefits, limits and challenges associated with the use of these varieties for organic wine production may be found in the review papers by Pedneault et al. [23] and Yobregat [24].

Nonetheless, despite the advocated advantages, fungus resistant varieties are practically absent from the wine market of most producing countries due to an unjustified distrust of both their use and of the quality of wine [13]. This suspicion arose because PIWI carry non-*V. vinifera* genes (even at low levels), which led to the presumption that they could result in lower quality wines [15]. Currently, there are studies that show that the quality of wines from fungus resistant varieties is generally equivalent to those produced from *V. vinifera* [3,12]. However, as noted in a recent review paper by Pertot et al. [25], growers and winemakers still need to acquire sufficient experience to optimize both agronomic practices and oenological processing in order to exploit the full potential of these new resistant genotypes.

In Spain, the only experimental test fields with PIWI, in addition to that of Viñas del Vero—in which the present work has been carried out—are those located in Olite and in Baztán valley in Navarra [26]. All of them were planted in 2015 and no details on production and/or on use of phytosanitary products have been disclosed.

In this study, we report the results for three PIWI varieties (Sauvignon Kretos, Sauvignier gris and Muscaris) over the 2016–2018 period (three growing seasons), in a pioneering study in Spain.

## 2. Material and Methods

### 2.1. Location

The experimental vineyard is located on a plot owned by Viñas del Vero S.A., in the area referred to as ‘Las Almunietas,’ in the municipality of Barbaastro, heading. The Universal Transverse Mercator (UTM) coordinates of the plot are: X = 261706, Y = 4652417, zone 31.

Regarding the soil, in Badía et al. [27] a detailed study of the area of ‘Las Almunietas’ is carried out, specifically the section referring to ‘Torre Fierro.’ This area is formed by gypsisols, that is, soils developed on gypsum marls that present a secondary accumulation of gypsum in powder and/or lenticular forms at a certain depth. They are loamy soils, with low stoniness, a moderate available water retention capacity and low cation exchange capacity.

### 2.2. Plant Material

The plant material used in the study consisted of three white PIWI varieties (chosen by the winery) and a control variety (Sauvignon blanc). The first PIWI variety, Sauvignon Kretos (UD 76-026), was obtained by the Udine Institute of Applied Genomics (Italy), from the cross of Sauvignon blanc with 20/3 and was registered in 2015 in the “Registro Nazionale delle Varietà di Vite” [28]. The second PIWI variety was Sauvignier gris (FR 392-83), obtained by the Stainliches Weinbauinstitut Freiburg (Germany) in 1983, by crossing Cabernet Sauvignon (Sauvignon blanc × Cabernet Franc) with Bronner (Merzling × Gm 6494 (Zarya Severa × St. Laurent)). It was registered in the Bundessortenamt in 2008 [29] and in France in the “Catalogue des variétés de vigne” [30]. The third PIWI variety, Muscaris (FR 493-87) was also obtained by the Stainliches Weinbauinstitut Freiburg in 1987 from the cross of Solaris × Gelber Muskateller [31]. The resistance loci were Rpv12 for Sauvignon Kretos; Rpv3.3, Rpv10, Ren 3 and Ren 9 for Sauvignier gris; and Rpv10, Ren 3 and Ren 9 for Muscaris [32].

The plants were certified by the Vivai Cooperativi Rauscedo nursery (Rauscedo, Italy) in the case of Sauvignon Kretos and by Pepinières Viticoles Mercier nursery (Vix, France) for the other two varieties.

Two hundred and twenty four individual PIWI varieties were studied—69 of Sauvignon Kretos, 76 of Sauvignier gris and 79 of Muscaris, all planted in April 2015 as grafted plants on an SO4 rootstock. For comparison purposes, Sauvignon blanc (clone 376) was used as the susceptible control and treated variety (183 plants, with the same rootstock and planted at the same date).

### 2.3. Experimental Design and Cultural Techniques

The varieties to be studied were distributed in two adjacent plots, with rows of control plants located on both sides of the fungus resistant ones and then rows of treated Sauvignon blanc (Figure S1). To distinguish the specific plot in which the rows were located, subgroups of the latter two were labelled as ‘#1’ and ‘#2.’ Each variety was planted in two rows of about 40 m, with a plantation frame of  $2.8 \times 0.9$  m (i.e., a planting density of 3968 plants/ha), using a single curtain bi-lateral cordon (High Trellis) training system with a training height of 1.4 m.

The plants were subjected to demanding conditions in terms of yield, forcing some management aspects (irrigation, grass, canopy . . . ) in order to assess the resistance of the experimental cultivars.

Watering was conducted with integrated drip hoses every 75 cm, with a flow rate of 4 L/h. The hoses were raised 50 cm above the ground. Fertilization-related information is summarized in Table S1.

In connection with canopy management, in 2016 only winter pruning was carried out, while in 2017 and 2018 growing seasons both winter and summer pruning were conducted.

All plants (both the fungus resistant varieties and the control and treated Sauvignon blanc) had to be treated against vine leaf blister mite in the 2016 growing season (5 treatments with abamectin 1.8% and one treatment with azadirachtin 3.2%), because they were severely affected (the effect of the attack is more pronounced in young plants). Apart from that, no other treatments against pests or diseases were applied to the PIWI and control rows. Regarding the fungicides applied to the treated rows, a preventive fungicide (cupric hydroxide) and a systemic one (metalaxyl + mancozeb) were used against downy mildew; and for powdery mildew, myclobutanil was applied as a preventive fungicide, together with several systemic fungicides (bupirimate, tebuconazole and proquinazid). Further details on these treatments are provided in Table S2. To exclude that the fungicides applied on Sauvignon blanc could have reached the control or resistant varieties, phytosanitary products drift was analyzed with hydro-sensitive paper cards.

### 2.4. Data Collection

Climate monitoring was carried out using moisture meter dataloggers supplied by Hobby Boards [33], with leaf wetness and temperature sensors, located in the plot under study. The data from these measurements were complemented with climatic data from the Ebro Hydrographic Confederation (CHE) and the Spanish Agroclimatic Information System for Irrigation (SIAR).

The weekly field monitoring of all varieties was conducted from March to September for the three years. The phenological states were tracked according to the following scales: Eichhorn & Lorenz code [34], *Les stades repères de la vigne* [35] and the Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie (BBCH) scale [36]. The main ampelographic characters were also monitored by taking 10 reference elements and using the list of descriptors of the International Organization of Vine and Wine (OIV) for grape varieties and *Vitis* species [37]. The descriptors used were those for young leaf, adult leaf, flower, cluster, berry, production and disease. The ampelographic characterization for the Sauvignon blanc variety was only performed on the control rows.

For disease monitoring, 55 randomly chosen leaves and, in turn, 25 clusters were observed for each variety each week. For the evaluation of the parameters related to the presence and severity of the attack of these diseases, the European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) proposal was followed. This scale establishes a scale based on the percentage of area of the organ affected by the disease [38]. To calculate the degree of attack, both in leaves and clusters, the Townsend-Heuberger formula was used, and for the evaluation of the efficacy of the treatment (i.e., the ratio between the degree of attack in control vines versus in treated vines), Abbott's formula was chosen [39].

The harvest was done manually. In 2017, it was carried out on a single date for the three varieties (on August 22), while in 2018 it was split into two dates—August 22 for Muscaris and September 3 for Sauvignon Kretos and Souvignier gris. In 2016, when the vines were 2-years-old, there was no harvest.

For the evaluation of the balance between production and plant development, the Ravaz index [40] was calculated, using harvest weight and pruned wood weight data.

### 2.5. Disease Forecast Models

The accuracy of the forecast models used by winegrowers in this area was tested: in the case of downy mildew, the potential moment of infection was estimated by calculating the latent period, based on Goidanich's model [41]; for powdery mildew, the Thomas and Gubler model was chosen [42].

### 2.6. Winemaking

Two hundred kilograms of grapes per variety were processed. A pressing without stripping was performed, with the addition of pectolytic enzyme (Pectazine, 3 g/100 kg) and potassium metabisulfite (30 ppm of SO<sub>2</sub>), with a subsequent 24 h cold stripping. After racking, yeasts (*Saccharomyces bayanus* at 20 g/hL) were added and alcoholic fermentation was monitored and controlled, ending after 13 days (Muscaris), 20 days (Sauvignon Kretos) and 16 days (Souvignier gris). After a final racking and sulphite addition (metabisulfite, 4.5 g/hL), the finished wines were analyzed.

### 2.7. Statistical Analyses

Statistical analyses were carried out with IBM (Armonk, NY, USA) SPSS Statistics v.22 software. Prior to the analyses, the assumptions of independence, normality and homoscedasticity were checked for all groups. Since the disease monitoring data did not meet the normality requirement—checked with a Shapiro-Wilks test and the homoscedasticity requirement and checked with a Bartlett's test—the Kruskal-Wallis non-parametric test was used, with Conover-Iman test for post hoc multiple pairwise comparisons. Disease monitoring data were also subjected to principal component analysis (PCA) with the Varimax rotation method with Kaiser normalization. In the PCA, the components that accounted for most of the variance were selected and those that contained only a small percentage of the variance of the original data were removed. For the initial values of musts data, analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey's honestly significant difference (HSD) post hoc test was used instead.

## 3. Results

### 3.1. Climatic Data

The average monthly temperatures and rainfall for the study period (March–September) in the three years under study are shown in Table 1. The years of 2016 and 2017 were dry years (243.6 and 294.3 mm, respectively), although 2016 presented a more irregular distribution of rainfall than 2017, and 2018 had an above-average rainfall (499 mm). Leaf wetness data for the three growing seasons is shown in Figure S2.

**Table 1.** Top: average monthly temperatures (°C); bottom: average monthly rainfall (mm) for the three growing seasons.

Year	March	April	May	June	July	August	September
2016	9.3	12.5	16.1	21.6	24.9	24.0	21.4
2017	11.8	13.5	18.2	23.7	24.8	24.3	18.7
2018	8.9	13.4	17.1	22.0	25.6	25.2	22.2
Year	March	April	May	June	July	August	September
2016	69.2	93.0	33.0	13.6	11.8	1.0	22.0
2017	109.4	34.0	45.4	47.8	23.3	7.0	27.4
2018	60.7	117.0	142.6	28.4	13.0	101.9	35.4

### 3.2. Phenology and Ampelography

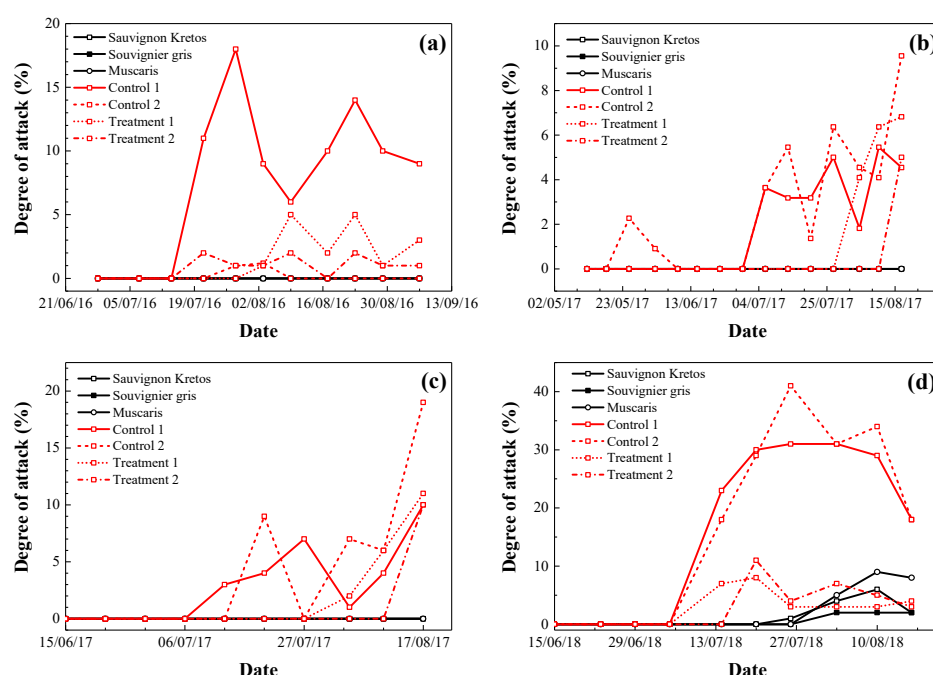
Phenological and ampelographical data are summarized in Tables S3 and S4. The results obtained were in good agreement with the varietal files for the majority of the descriptors in the three years and, in the case of Muscaris and Souvignier gris, with the findings of Reference [43]. The small differences detected, especially in the 2016 growing season, may be attributed to youthfulness expression. In general, these fungus resistant varieties showed no adaptation problems.

### 3.3. Disease Monitoring

#### 3.3.1. Powdery Mildew

In 2016 and specifically on July 5, very slight attacks on leaves were observed in the control and treated varieties, while in the resistant ones there was no attack. No statistically significant differences were found for the attack over the entire growing season (Table S5). The attack on clusters appeared in the week of July 19 (Figure 1a) and it was particularly noticeable in the control 1 rows, in which approximately a 20% degree of attack was reached; the attack in control 2 and treated rows was moderate and in the resistant varieties no affected clusters were observed. Significant differences were detected (Table S6).

In 2017, there was no powdery mildew attack in the PIWI but attack was detected in the control and treated varieties, both in leaves (Figure 1b) and in clusters (Figure 1c), with statistically significant differences between the PIWIs and the control in both cases (but not with the treated rows, see Tables S7 and S8).



**Figure 1.** Temporal evolution of the powdery mildew degree of attack in: (a) clusters in 2016; (b) leaves in 2017; (c) clusters in 2017; and (d) clusters in 2018. Dates in which no attack was detected have been omitted for clarity.  $n = 25$  for clusters and  $n = 55$  for leaves.

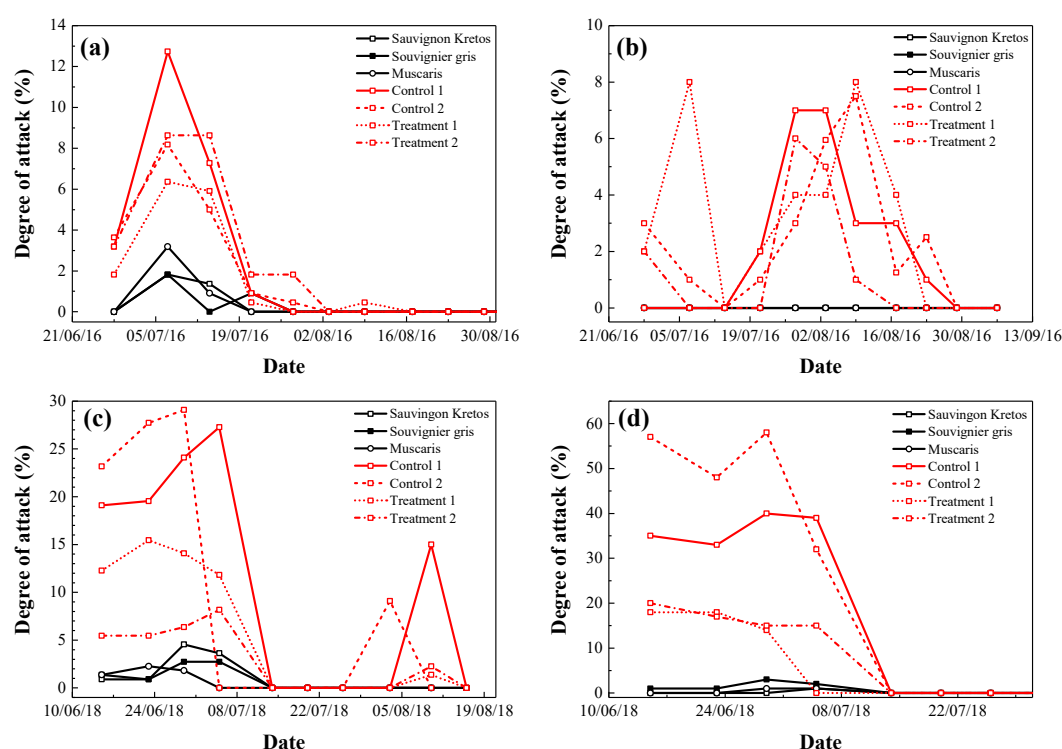
In the 2018 growing season, no attack was detected in leaves (neither for the control, nor for the treated, nor for the PIWI vines) but there was powdery mildew attack in clusters (Figure 1d). In Sauvignon Kretos, a low degree of attack was recorded (in a total of 13 samples, all with a disease severity <25%) from July 26 to August 16. In Souvignier gris, the degree of attack was even lower (6 annotations, all with a severity <25%) from August 3 to August 16. In Muscaris, there were 20 annotations with a severity <25% (from August 3 to August 16) and only one in the 25–50% range of

severity in the last sampling date (August 16). Comparatively, the degree of attack in the susceptible control plants was markedly higher but with no statistically significant differences (Table S9).

### 3.3.2. Downy Mildew

In 2016, leaf damage was detected in all vines (Figure 2a). The resistant varieties presented a low degree of attack, while the control and treated vines were the most affected but with no statistically significant differences (Table S10). With regard to cluster attack (Figure 2b), it was only detected for the control and treated vines: from June 28 to July 12, totally destroyed clusters were observed before the pea berry size was reached, followed by another attack that affected larger clusters, in which, over the weeks, the drying of grains was observed. This resulted in significant differences between the three PIWIs and the control varieties and also between the PIWIs and treatment 1 rows (Table S11).

In the 2017 growing season, no damage was detected in any of the PIWI varieties, in the treated vines or in group #2 susceptible control vines. Anecdotally, attacks of mild severity (<25%) were detected in leaves of group #1 control vines on July 13 (3 out of 55 samples, 5.77%). No damage was detected in clusters.



**Figure 2.** Temporal evolution of downy mildew degree of attack in: (a) leaves in 2016; (b) clusters in 2016; (c) leaves in 2018; and (d) clusters in 2018. Dates in which no attack was detected have been omitted for clarity.  $n = 25$  for clusters and  $n = 55$  for leaves.

In 2018, downy mildew attack was detected both in leaves (Figure 2c) and in clusters (Figure 2d). Regarding the attack in leaves, 22 cases were detected in Sauvignon Kretos vines, with a severity <25%, from June 15 to July 5; in Sauvignon gris, a total of 17 cases were detected, all with a severity <25%, in the same period and, in Muscaris, a total of 15 cases were detected, with a severity <25%, also from June 15 to July 5. No statistically significant differences were detected between PIWIs, control and treated rows (Table S12). In relation to cluster damage, in Sauvignon Kretos a single case was detected, with a severity <25%, on July 5; in Sauvignon gris a total of 7 cases were detected, all with a severity <25%, from June 15 to July 5; and in Muscaris two cases were detected, with a severity <25%, from June 29 to July 5. Damage to Sauvignon blanc control and treated plants was found to be much higher, reaching a degree of attack of up to 58% for clusters but with no significant differences (Table S13).

The decrease in downy mildew incidence along the season may be tentatively attributed to increases in temperature [32].

### 3.3.3. Botrytis Bunch Rot

In 2016 (Figure 3a), Botrytis attack was detected at the end of August in the control and treated vines, whereas no symptoms were observed in the PIWI varieties but no significant differences were found (Table S14). The damaged clusters mostly showed an attack severity in the 25%–50% range. In a similar fashion, in 2017 (Figure 3b) there was no attack on the PIWI varieties. In the control and treated vines, some cluster damage was detected on August 10 and on August 17 (with a severity of up to 50%), which affected less than 4% of the sampled clusters and which did not result in significant differences (Table S15). In the 2018 growing season (not shown), no botrytis bunch rot damage was detected in any vines (neither in control, nor in treated, nor in PIWI plants).

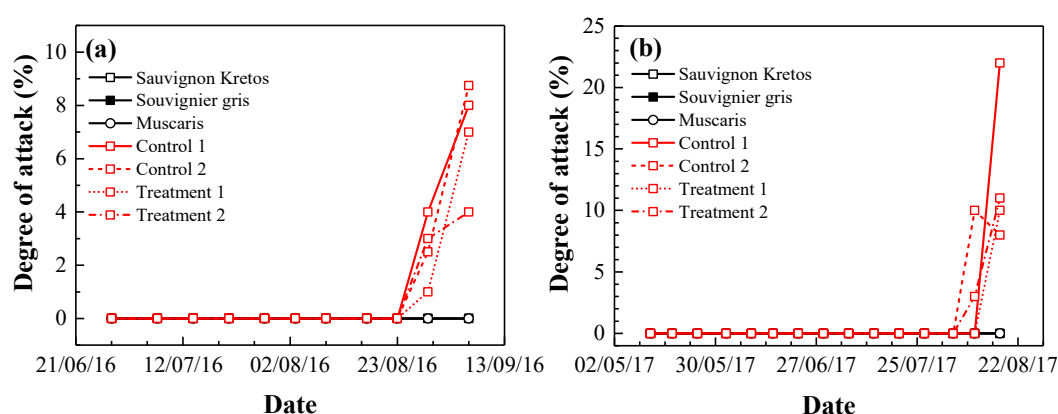


Figure 3. Temporal evolution of botrytis bunch rot in: (a) 2016 and (b) 2017.  $n = 25$  clusters.

### 3.4. Treatment Efficacies and Associated Costs

In 2016, treatment efficacies against downy mildew were very low (18%) in leaves and somewhat higher in clusters (47%); in the case of powdery mildew, average treatment efficiencies above 50% were observed, both in leaves and in clusters. In 2017, treatment efficiencies against powdery mildew were higher than 60% in leaves (reaching 93% in group #2 treated vines). In 2018, the efficacy of the treatments against downy mildew was 66% in leaves and 60% in clusters and the efficacy against powdery mildew was as high as 82%.

Concerning treatment costs against downy and powdery mildew (for Sauvignon blanc), they accounted for 260 €/ha in 2016, 169 €/ha in 2017 and 322 €/ha in 2018.

### 3.5. Disease Forecast Models

In the case of downy mildew, Goidanich's model did not accurately predict the latent period under Somontano conditions: the expect dates in the 2016 and 2018 were off by several weeks. This would be in agreement with the findings of Kennelly et al. [44], who suggested that the latent periods can be much longer than expected. The use of other models (see [45]) should thus be encouraged in this region. On the other hand, Thomas and Gubler's model was found to be very accurate for prediction of powdery mildew in the three years of the study, with offsets smaller than a week.

### 3.6. Production and Ravaz indices

The yields and calculated Ravaz indices for the PIWIs and for the treated Sauvignon blanc variety in 2017 and 2018, based on harvest and pruned wood weight data, are shown in Table 2. No production data were available for the control rows, in which the attack was so severe that clusters were not even harvested (production may be roughly estimated at ca. 20% of that of the treated rows).



**Table 2.** Harvest and pruned wood weight data and calculated Ravaz indices.

Variety	2017				2018			
	100-Berry Weight (g)	Harvest Weight (kg/vine)	Pruned Wood Weight (kg/vine)	Ravaz Index	100-Berry Weight (g)	Harvest Weight (kg/vine)	Pruned Wood Weight (kg/vine)	Ravaz Index
Sauvignon Kretos	95.67	3.50	0.86	4.07	99.25	3.27	0.80	4.09
Souvignier gris	132.50	2.03	0.15	13.53	136.30	2.27	0.49	4.63
Muscaris	132.95	1.48	0.17	8.71	128.30	2.01	0.12	16.75
Sauvignon blanc	130.02	2.44	0.62	3.94	151.05	3.11	0.78	3.99

### 3.7. Initial Values of Musts

The results of the analyses performed on musts upon their grape reception at the winery are summarized in Table 3. The pH and probable alcohol contents were in average values obtained for other varieties grown in the same territory, although Muscaris variety reached a very high alcoholic degree and a too low total acidity. Souvignier gris was the only variety that manifested deficiencies in easily assimilable nitrogen, which would pose problems in fermentation, if not corrected.

**Table 3.** Initial values of musts from the three fungus resistant (PIWI) varieties and the control variety in 2017 and 2018.

Variety	Year	pH	Total Acidity (g/L)	Probable Alcohol Content (°)	YAN
Sauvignon Kretos	2017	3.14 ± 0.12 a	6.61 ± 1.96	12.90 ± 1.62	223
	2018	3.16 ± 0.11 ab	6.10 ± 1.99	13.66 ± 1.80	100
Souvignier gris	2017	3.35 ± 0.09 ab	6.08 ± 1.00	14.30 ± 1.01	190
	2018	3.38 ± 0.12 ab	5.50 ± 0.97	14.96 ± 1.62	84
Muscaris	2017	3.15 ± 0.11 a	3.79 ± 1.01	16.20 ± 1.12	165
	2018	3.71 ± 0.10 c	3.90 ± 1.50	15.60 ± 1.33	224
Sauvignon blanc	2017	3.47 ± 0.09 bc	3.95 ± 1.22	13.45 ± 1.10	168
	2018	3.31 ± 0.07 ab	4.28 ± 1.35	14.01 ± 1.24	180

YAN: yeast assimilable nitrogen. All values are expressed as the average across 3 replicates ± standard deviation. pH values labelled with the same lowercase letters are not significantly different at  $p < 0.05$  by Tukey's test.

Statistically significant differences for variety\*year interaction were only found for pH. In the case of the probable alcohol content, significant differences were observed for the variety factor (between Sauvignon Kretos and Muscaris).

### 3.8. Winemaking Results

The analytical parameters of the wines prepared from the PIWI varieties are presented in Table 4. The obtained wines were subjected to a sensory analysis in the Aroma Analysis and Oenology Laboratory (LAAE) of Zaragoza. Tasting results for the wine from Muscaris—with descriptors of bitter almond and dried fruit and a high intensity terpenic profile—were consistent—it had the best reception in both years, with higher ratings than the control. The one from Sauvignon Kretos featured white, tropical and stone fruit notes, with ratings slightly lower than those of the Sauvignon blanc wine. It may have an acceptance similar to it if only the acidity and some unpleasant notes are modulated by carrying out vinification tests with different ripening stages. On the other hand, the wine from Souvignier gris variety had a very low acceptance rate in 2017 but a good acceptance in 2018.

**Table 4.** Analytical parameters of wines prepared in 2017 and 2018 from the three PIWI varieties.

Variety	Year	ABV (%vol)	pH	Total Acidity (g/L)	Volatile Acidity (g/L)	Malic Acid (g/L)	Glucose + Fructose (g/L)
Sauvignon Kretos	2017	12.80	3.02	5.07	0.34	1.74	3.53
	2018	14.35	3.09	6.80	0.48	1.08	1.92
Sauvignier gris	2017	13.80	3.35	4.22	0.23	1.87	<1
	2018	15.55	3.41	6.01	0.80	1.95	1.41
Muscaris	2017	18.02	3.90	2.96	0.62	1.51	2.29
	2018	16.22	3.54	5.72	0.58	1.55	1.39
Sauvignon blanc	2017	13.05	3.39	3.52	0.27	1.65	2.45
	2018	13.2	3.3	3.29	0.33	1.21	0.71

ABV: Alcohol by volume.

#### 4. Discussion

With regard to the disease monitoring data and the validation of the resistance of the PIWI varieties against fungal diseases in this study, statistically significant differences were not found in all cases when the comparisons were made for each disease and growing season separately. In an attempt to gain insight on their global performance, a PCA was conducted with the data of the degree of attack of the three fungal diseases over the entire period of study (3 years). As shown in Table S16, the strongest underlying trend in the feature set (component 1) was associated with Sauvignon blanc (both control and treated rows), the second strongest underlying trend (component 2) was only associated with the PIWI varieties and the third strongest underlying trend (component 3) was related to the date. Hence, a differential behavior for these varieties (in this location) versus the control would be evidenced, independently of the year and disease.

Field studies on the performance of fungus resistant varieties are scarce in the literature [46–50] and, as noted above, the resistance of PIWI cultivars varies not only with genetics but also with location [10], so comparisons should be taken with caution. For instance, one of the most comprehensive studies was the one by Zamboni et al. [51], who evaluated the adaptability of 26 resistant varieties in terms of yield, quality and resistance against fungal diseases to Emilia-Romagna hills (Ravenna, Italy) over a 5-year period (1994–1998). However, the three PIWI varieties studied herein were not assessed.

Muscaris was evaluated by Vezzulli et al. [52] in a study in which downy mildew resistance in 28 grapevine hybrids (from various European institutions or nurseries located in France, Germany, Austria, Hungary and Czech Republic) was assessed in an untreated field trial conducted in Trentino region (Italy) over three successive years. In 2011, 16 hybrids showed a high level of resistance on leaves (OIV 452 scores 7–9), while during 2012 and 2013 only 6 and 8 hybrids, respectively, showed such scores. Over the evaluated triennium, a consistent level of downy mildew resistance on leaves was observed in 4 hybrids—Bronner, Solaris, Prior and Muscaris. Regarding disease resistance on clusters, 21 hybrids showed a high level (OIV 453 scores 7–9) in 2011, while during 2012 and 2013 the number of hybrids showing such scores decreased to 14 and 8, respectively. Over the 3-year period, a consistent level of downy mildew resistance on clusters was observed for four hybrids: Bronner, Solaris, Prior and Bianca. Considering the level of downy mildew resistance both on leaves and clusters over the 3 years, the authors concluded that the best results were achieved by Bronner, Solaris and Prior. In the particular case of Muscaris, it obtained a score of 9 in both OIV descriptors (452 and 453, for leaf and cluster based on symptom visual observation, respectively) in 2011 and 2012 but it scored 7 and 5 in 2013 in OIV 452 and OIV 453, respectively. Interestingly, such behavior differs from that observed in our study, in which it showed more downy mildew resistance in clusters than in leaf. This discrepancy can be explained with the variability of the plant-pathogen interaction phenomenon. Besides the environmental factors, plants can be affected by rootstock, while for the pathogen the existence of various and specific *P. viticola* genotypes may not be excluded [53]. Moreover, it should also be taken into consideration that the appearance of *P. viticola* genotypes able to breakdown the



resistance cannot be left out [54], which points to the importance of designing breeding programs that optimize the durability of the resistances.

In another recent study by Nicolini et al. [43], both Muscaris and Sauvignier gris were also tested in the Trentino region, as part of VEVIR project. They reported that Sauvignier gris showed a high tolerance to powdery mildew and medium-high tolerance to downy mildew. However, no disease resistance data for Muscaris were provided. According to AREDVI [55] data in two locations in France, both PIWI varieties showed high resistance to powdery mildew attack in leaves and bunches, with results similar to those found in this study, in Domaine de Cazes (Alaigne, Aude department). Nonetheless, the tolerance to the attack in clusters in the plot located Marsillargues (Hérault department), by the sea, was much lower for Muscaris. As regards Sauvignon Kretos, to the best of the authors' knowledge, no field performance data have been reported in the literature.

Regarding the between-years variability in the disease rating, it should be attributed to differences in rainfall [56]. As in the case of the study by Vezzulli et al. [52], the mean temperatures registered during the three considered growing seasons were very similar, while the total rainfalls differed. This different annual amount of rainfall might explain the significant difference in the disease symptoms found on leaves and clusters in 2017 (less severe) than in 2018 (more severe).

With regard to the productivity of the PIWI varieties, Pedò et al. [57] reported a yield of 1.967 kg/vine for Muscaris and of 2.291 kg/vine for Sauvignier gris cultivated in Trentino (Italy), with Ravaz indices of 5.8 and 9, respectively. Nicolini et al. [43] reported a yield of 1.63 kg/vine for Muscaris and 2.08 kg/vine for Sauvignier gris and Ravaz indices of 3.46 and 5.3, respectively. While for Sauvignier gris the yields in our study were very similar, for Muscaris in 2017 a lower yield was attained. This may be ascribed to the youth of the plantation (3<sup>rd</sup> year), given that in 2018 the yield was comparable to those reported above. Concerning Ravaz indices, values in the 5–7 range are advised to avoid imbalances in the vine, although other authors have suggested a wider range (5–12), depending on the cultivar, load, irrigation dose and driving systems [58,59]. Very high values—above 10—indicate that the vine has produced a lot of grape for its vigor, that is, that it presents a mismatch due to excess of production or defect in vigor. On the contrary, values below 3 would indicate an excessive vigor of the vine, that is, a low productivity for its fertility conditions. Therefore, it follows that for the two years for which production data could be registered (2017 and 2018, Table 2), there were significant imbalances for Sauvignier gris in 2017 and for Muscaris in 2018, although they can be justified by the youth of the plantation.

In relation to the analytical data of musts, Pedò et al. [57] reported a pH of 3.38, total acidity (TA) = 6.53 g/L and yeast assimilable nitrogen (YAN) = 81 mg/L for Muscaris; and a pH of 3.27, TA = 6.97 g/L and YAN = 57 mg/L for Sauvignier gris. Nicolini et al. [43] and Moser et al. [60] reported a pH of 3.36, TA = 6.3–7.3 g/L and YAN = 23–94 mg/L for Muscaris; and a pH of 3.17–3.39, TA = 7.4–7.5 g/L and YAN = 26–58 mg/L for Sauvignier gris. In comparison with the results obtained in this study, shown in Table 3, pH values were in good agreement. TA values for Sauvignier gris were slightly lower but in a normal range but those of Muscaris were much lower. In connection with YAN, the musts in this study would not require nitrogen supplementation, whereas those reported above would not meet the requirements for low risk fermentation or for clean/fruity flavor.

With reference to the wines, Moser et al. [60,61] reported an ABV = 13.15%vol, pH = 4.16, TA = 6.8 g/L, VA = 0.67 g/L, glucose+fructose < 1 g/L for Muscaris; and an ABV = 13.09%vol, pH = 3.62, TA = 5.9 g/L, VA = 0.38 g/L, glucose+fructose = 2.5 g/L. Upon comparison with the results summarized in Table 4, it is worth noting that, in our study, the ABV values were noticeably higher for Muscaris and that TA values were lower for both PIWI varieties. About the organoleptic characteristics, the tasting results agreed with those reported by Moser et al. [60], who indicated that Muscaris is a variety characterized by the prevalence of the fruity and aromatic intensity descriptors. A non-negligible fruity component is also present in Sauvignier gris, which is associated with medium floral notes and a limited presence of vegetal notes.

It should be clarified that a large variability according to the winemaking process has been reported for PIWI wines [62]. Salmon et al. [63], who studied the sensory perception of wines prepared from a disease resistant grapevine variety obtained by the French Institut National de la Recherche Agronomique–INRA (ref A. Bouquet, var. 3160-12-3), found that the descriptors used by the panelists reflected different and homogenous sensory perceptions, depending on the type of winemaking. Hence, the qualitative valorization of these new grape varieties must be screened through different winemaking methods so as not reject or support one variety over another.

Espinoza et al. [64] analyzed consumers' evaluations of a white wine from a resistant variety (Bouquet 3159), produced in the Languedoc (France). They found that, on a purely sensory level, consumers had difficulty in accepting wine from a resistant variety. However, communication focusing on environmental and health performances remarkably improved the position of the resistant vine variety, putting it at the top of the average qualitative evaluations. According to the authors of the study, such promotion results in high market share, gained from conventional wines. In the same line, in a recent review paper by Schäufele et al. [65], it was concluded that the producing and marketing wine with sustainability features is a promising strategy for quality differentiation, particularly for wine that is both local and organic. A more in detail analysis on how these new varieties will change the competitive scenario of the wine market may be found in Schäufele et al. [65] and Montaigne et al. [66].

## 5. Conclusions

From the comparison of the results obtained for each of the diseases and varieties with their varietal files, it was concluded that, in general terms, the three PIWI varieties under study showed a high resistance to downy mildew, to powdery mildew and even to botrytis bunch rot (for which a medium level of resistance had been established). Statistically significant differences versus the Sauvignon blanc control were detected for downy and powdery mildew in two of the growing seasons and PCA results evidenced clear differences in the underlying trend in terms of resistance against the fungal diseases versus both the control and treated Sauvignon blanc plants. The Sauvignon Kretos variety exhibited a higher yield than that of the control variety and its wine may have an acceptance similar if only the acidity and some unpleasant notes are modulated. Souvignier gris and Muscaris showed lower yields than the control. However, the Muscaris variety may be the most interesting for pilot scale production, due to its good organoleptic profile. These resistant varieties pose a production alternative in environments subjected to high fungal pressure and may occupy a niche market aimed at consumers who value the reduction of phytosanitary products in viticulture. Moreover, remarkable savings in phytosanitary products may be entailed, estimated in 250 € per ha and year for this particular location.

**Supplementary Materials:** The following are available online at <http://www.mdpi.com/2073-4395/9/11/738/s1>, Figure S1. Distribution of the different grapevine varieties under study in the two adjacent plots; Figure S2. Electrical resistance measured by the leaf wetness sensors and rainfall data from the weather station; Table S1. Fertilization data; Table S2. Treatments against fungal diseases; Table S3. Phenological data for the three growing seasons (2016–2018); Table S4. Ampelographical data for the three growing seasons (2016–2018); Tables S5–15: Kruskal-Wallis test and multiple pairwise comparisons using the Conover-Iman procedure for the different diseases in leaves and clusters in the three growing seasons; Table S16. PCA results.

**Author Contributions:** Conceptualization, J.C.-G., J.M.A.-R. and S.T.-S.; Data curation, P.M.-R.; Formal analysis, J.C.-G. and P.M.-R.; Funding acquisition, J.M.A.-R. and S.T.-S.; Investigation, J.C.-G., C.F.-M., A.B.-E. and A.E.-M.; Methodology, J.C.-G., J.M.A.-R., S.T.-S. and A.J.-C.; Project administration, J.M.A.-R.; Resources, J.M.A.-R., S.T.-S. and A.J.-C.; Supervision, J.C.-G., J.M.A.-R., S.T.-S. and A.J.-C.; Validation, J.C.-G., A.J.-C. and P.M.-R.; Visualization, P.M.-R.; Writing – original draft, J.C.-G. and P.M.-R.; Writing – review & editing, J.C.-G. and P.M.-R.

**Funding:** This research received no external funding.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

## References

1. Galet, P. *Précis De Pathologie Viticole*, 3rd ed.; Imprimerie JF Impression: Montpellier, France, 1999; p. 296.
2. Piwi-International. What are Fungus Resistant Grape Varieties (PIWIs)? Available online: <https://www.piwi-international.de/en/information-en.html> (accessed on 12 September 2019).
3. Rousseau, J.; Chanfreau, S.; Bontemps, É. *Les Cépages Résistants and Maladies Cryptogamiques*; Groupe ICV: Bordeaux, France, 2013; p. 228.
4. Zito, S.; Caffarra, A.; Richard, Y.; Castel, T.; Bois, B. Climate change and vine protection: The case of mildews management in Burgundy. *E3s Web Conf.* **2018**, *50*, 01006. [CrossRef]
5. Buonassisi, D.; Colombo, M.; Migliaro, D.; Dolzani, C.; Peressotti, E.; Mizzotti, C.; Velasco, R.; Masiero, S.; Perazzolli, M.; Vezzulli, S. Breeding for grapevine downy mildew resistance: A review of “omics” approaches. *Euphytica* **2017**, *213*, 103. [CrossRef]
6. Merdinoglu, D.; Schneider, C.; Prado, E.; Wiedemann-Merdinoglu, S.; Mestre, P. Breeding for durable resistance to downy and powdery mildew in grapevine. *OENO One* **2018**, *52*, 203–209. [CrossRef]
7. VIVC. Table of Loci for Traits in Grapevine Relevant for Breeding. Available online: [http://www.vivc.de/docs/dataonbreeding/20180122\\_Table%20of%20Loci%20for%20Traits%20in%20Grapevine.pdf](http://www.vivc.de/docs/dataonbreeding/20180122_Table%20of%20Loci%20for%20Traits%20in%20Grapevine.pdf) (accessed on 22 October 2019).
8. Sivcev, B.; Sivcev, I.; Rankovic-Vasic, Z. Natural process and use of natural matters in organic viticulture. *J. Agric. Sci. Belgrade* **2010**, *55*, 195–215. [CrossRef]
9. Pomarici, E.; Vecchio, R. Will sustainability shape the future wine market? *Wine Econ. Policy* **2019**, *8*, 1–4. [CrossRef]
10. Pavloušek, P.; Kumšta, M.; Mateiciucová, P. Adaptation of new resistant grapevine varieties to the terroir in the Czech Republic. In *X Congrès Internationaux des Terroirs Vitivinicoles*; Society of International Terroir Experts in Vitiviniculture: Tokaj-Eger, Hungary, 2014; pp. 1–5.
11. Siegfried, W.; Temperli, T. Piwi-Reben im Vergleich—ein Zwischenbericht. *Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau* **2008**, *17*, 6–9.
12. Van der Meer, M.; Weibel, F.; Levite, D.; Häseli, A.; Vombach, D. Acceptation des vins de cépages résistants par les consommateurs. *Revue suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture* **2010**, *42*, 147–150.
13. Becker, A. Piwis in der Praxis: Nicht nur für “Ökos”! *Rebe und Wein Weinsberg* **2012**, *65*, 19–22.
14. Galbrun, C. Etude INRA—Comment réduire ses coûts de Production de 50%. Available online: <https://www.reussir.fr/vigne/comment-reduire-ses-couts-de-production-de-50> (accessed on 12 September 2019).
15. Fuller, K.B.; Alston, J.M.; Sambucci, O.S. The value of powdery mildew resistance in grapes: Evidence from California. *Wine Econ. Policy* **2014**, *3*, 90–107. [CrossRef]
16. Francesca, S.; Simona, G.; Francesco Nicola, T.; Andrea, R.; Vittorio, R.; Federico, S.; Cynthia, R.; Maria Lodovica, G. Downy mildew (*Plasmopara viticola*) epidemics on grapevine under climate change. *Glob. Chang. Biol.* **2006**, *12*, 1299–1307. [CrossRef]
17. Sambucci, O.; Alston, J.M.; Fuller, K.B.; Lusk, J. The Pecuniary and nonpecuniary costs of powdery mildew and the potential value of resistant grape varieties in California. *Am. J. Enol. Vitic.* **2019**, *70*, 177–187. [CrossRef]
18. Pennington, T.; Kraus, C.; Alakina, E.; Entling, M.H.; Hoffmann, C. Minimal Pruning and Reduced Plant Protection Promote Predatory Mites in Grapevine. *Insects* **2017**, *8*, 86. [CrossRef] [PubMed]
19. Pennington, T.; Reiff, J.M.; Theiss, K.; Entling, M.H.; Hoffmann, C. Reduced fungicide applications improve insect pest control in grapevine. *BioControl* **2018**, *63*, 687–695. [CrossRef]
20. Reynolds, A.G.; Vanden Heuvel, J.E. Influence of grapevine training systems on vine growth and fruit composition: A review. *Am. J. Enol. Vitic.* **2009**, *60*, 251–268.
21. Barthe, C. *Impact de la charge fruitière sur la maturité et la qualité du raisin chez le Seyval blanc et le Vandal-Cliche, deux cépages hybrides cultivés au Québec*; Université Laval: Québec, QC, Canada, 2015.
22. Sun, Q.; Sacks, G.; Lerch, S.; Vanden Heuvel, J.E. Impact of shoot thinning and harvest date on yield components, fruit composition, and wine quality of Marechal Foch. *Am. J. Enol. Vitic.* **2011**, *62*, 32–41. [CrossRef]
23. Pedneault, K.; Provost, C. Fungus resistant grape varieties as a suitable alternative for organic wine production: Benefits, limits, and challenges. *Sci. Hortic.* **2016**, *208*, 57–77. [CrossRef]

24. Yobregat, O. Introduction to resistant vine types: A brief history and overview of the situation. *OENO One* **2018**, *52*, 241–246. [CrossRef]
25. Pertot, I.; Caffi, T.; Rossi, V.; Mugnai, L.; Hoffmann, C.; Grando, M.S.; Gary, C.; Lafond, D.; Duso, C.; Thiery, D.; et al. A critical review of plant protection tools for reducing pesticide use on grapevine and new perspectives for the implementation of IPM in viticulture. *Crop Protect.* **2017**, *97*, 70–84. [CrossRef]
26. Lissarrague, J.R.; Baeza, P.; Peiro, E.; Ayuso, J.M.; Cibriain, F.; Blanco, J.A.; Villalba, P. Híbridos resistentes a mildiu-oidio: La apuesta por la sostenibilidad y el respeto medioambiental de VCR. *Olint* **2016**, *29*, 6–14.
27. Badía, D.; Cuchí, J.; Martí, C.; Casanova, J. *Los suelos de los viñedos en la D.O. Somontano*; Prensas Universitarias de Zaragoza: Zaragoza, Spain, 2006; Volume 8, p. 205.
28. Morgante, M.; Testolin, R. Nuovi vitigni resistenti alle malattie. In *Quaderni Tecnici VCR*; Vivai Cooperativi Rauscedo: Rauscedo, Italy, 2019; Volume 15, p. 40.
29. Vitis International Variety Catalogue VIVC. *Souvignier gris* Passport Data. Available online: <http://www.vivc.de/index.php?r=passport%2Fview&id=22629> (accessed on 12 September 2019).
30. Bonnet, P.; Lacombe, T. Le catalogue des vignes cultivées en France. Available online: <http://plantgrape.plantnet-project.org/es/nouvelles> (accessed on 12 September 2019).
31. Vitis International Variety Catalogue VIVC. *Muscaris* Passport Data. Available online: <http://www.vivc.de/index.php?r=passport%2Fview&id=22628> (accessed on 12 September 2019).
32. Zini, E.; Dolzani, C.; Stefanini, M.; Gratl, V.; Bettinelli, P.; Nicolini, D.; Betta, G.; Dorigatti, C.; Velasco, R.; Letschka, T.; et al. R-Loci arrangement versus downy and powdery mildew resistance level: A vitis Hybrid survey. *Int. J. Mol. Sci.* **2019**, *20*, 3526. [CrossRef]
33. Vickery, E. Hobby boards moisture meter datalogger. Instruction manual and technical specifications. HobbyBoards: EEUU, 2012. p. 14. Available online: <https://web.archive.org/web/20160509003321/http://www.hobby-boards.com/download/manuals/Moisture%20Meter%20Datalogger.pdf> (accessed on 22 October 2019).
34. Eichhorn, K.W.; Lorenz, D. *Phaenologische Entwicklungsstadien der Rebe: Anwendungstermine d. Pflanzenschutzmittel*; Sonderdr. aus “Der deutsche Weinbau”; BASF: Ludwigshafen, Germany, 1978.
35. Baillod, M.; Baggiolini, M. Les stades repères de la vigne. *Revue suisse de Viticulture Arboriculture Horticulture* **1993**, *38*, 7–9.
36. Lorenz, D.; Eichhorn, K.; Bleiholder, H.; Klose, R.; Meier, U.; Weber, E. Growth stages of the grapevine: Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*)—Codes and descriptions according to the extended BBCH scale. *Aust. J. Grape Wine Res.* **1995**, *1*, 100–103. [CrossRef]
37. OIV. *OIV Descriptor List for Grape Varieties and Vitis Species*, 2nd ed.; Organisation Internationale de la Vigne et du Vin: Paris, France, 2009; p. 232.
38. Townsend, G.R.; Heuberger, J.W. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *Plant Dis. Report.* **1943**, *27*, 340–343.
39. Abbott, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* **1925**, *18*, 267–268. [CrossRef]
40. Vasconcelos, M.C.; Castagnoli, S. Leaf canopy structure and vine performance. *Am. J. Enol. Vitic.* **2000**, *51*, 390–396.
41. Goidanich, G. *Manuale di Patologia Vegetale*; Edizioni Agricole: Bologna, Italy, 1964; Volume 2, p. 1283.
42. Thomas, C.; Gubler, W.; Leavitt, G. Field testing of a powdery mildew disease forecast model on grapes in California. *Phytopathology* **1994**, *84*, 1070.
43. Nicolini, G.; Roman, T.; Bottura, M.; Gelmetti, A.; Stefanini, M.; Malacarne, M.; Barp, L. In Vides resistenti cultivadas en el Trentino prealpino. Primeros resultados del proyecto VEVIR (Resistant vines cultivated in the Trentino pre-Alps. VEVIR project first results). In Proceedings of the Sexto congreso internacional sobre la viticultura de montaña y en fuerte pendiente: Viticultura heroica: De la uva al vino a través de recorridos de sostenibilidad y calidad, La Laguna, Sta. Cruz de Tenerife, Spain, 26–28 April 2018; CERVIM: La Laguna, Sta. Cruz de Tenerife, Spain; pp. 127–134.
44. Kennelly, M.M.; Gadoury, D.M.; Wilcox, W.F.; Magarey, P.A.; Seem, R.C. Seasonal development of ontogenic resistance to downy mildew in grape berries and rachises. *Phytopathology* **2005**, *95*, 1445–1452. [CrossRef]

45. Gilles, T. Forecasting downy mildew diseases. In *Advances in downy Mildew Research—Volume 2*; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2004; pp. 35–67.
46. Lisek, J. Yielding and healthiness of selected grape cultivars for processing in central Poland. *J. Fruit Ornam. Plant Res.* **2010**, *18*, 265–272.
47. Pacifico, D.; Gaiotti, F.; Giusti, M.; Tomasi, D. Performance of interspecific grapevine varieties in north-east Italy. *Agric. Sci.* **2013**, *4*, 91–101.
48. Schwab, A.; Knott, R.; Schottdorf, W. Results from new fungus-tolerant grapevine varieties for Organic Viticulture. In *Proceedings the 6th International Congress on Organic Viticulture*; Stiftung Ökologie & Landbau: Bad Dürkheim, Germany, 2000; pp. 225–227.
49. Zanghelini, J.A.; Bogo, A.; Dal Vesco, L.L.; Gomes, B.R.; Mecabo, C.V.; Herpich, C.H.; Welter, L.J. Response of PIWI grapevine cultivars to downy mildew in highland region of southern Brazil. *Eur. J. Plant Pathol.* **2019**, *154*, 1051–1058. [[CrossRef](#)]
50. Bonin, B.; de Bem, B.; Brighenti, A.; Wurz, D.; Allebrandt, R.; Brighenti, E.; Araujo, L.; Moretti Ferreira Pinto, F.A.; Bogo, A. Intensity of Anthracnose in resistant varieties (PIWI) in the high altitude regions of southern Brazil. In *Proceedings of the 40th World Congress of Vine and Wine*, Sofia, Bulgaria, 29 May–2 June 2017; Aurand, J.M., Ed.; 2017; Volume 9.
51. Zamboni, M.; Bavaresco, L.; Fontana, M.; Vespignani, G. Adaptability of disease resistant grape cultivars to the hilly environment of Emilia Romagna (Italy). *Acta Hortic.* **2009**, *827*, 565–570. [[CrossRef](#)]
52. Vezzulli, S.; Vecchione, A.; Stefanini, M.; Zulini, L. Downy mildew resistance evaluation in 28 grapevine hybrids promising for breeding programs in Trentino region (Italy). *Eur. J. Plant Pathol.* **2018**, *150*, 485–495. [[CrossRef](#)]
53. Gessler, C.; Pertot, I.; Perazzolli, M. *Plasmopara viticola*: A review of knowledge on downy mildew of grapevine and effective disease management. *Phytopathol. Mediterr.* **2011**, *50*, 3–44.
54. Peressotti, E.; Wiedemann-Merdinoglu, S.; Delmotte, F.; Bellin, D.; Di Gaspero, G.; Testolin, R.; Merdinoglu, D.; Mestre, P. Breakdown of resistance to grapevine downy mildew upon limited deployment of a resistant variety. *BMC Plant Biol.* **2010**, *10*, 147. [[CrossRef](#)]
55. AREDVI. Cépages résistants aux maladies cryptogamiques. In *Guide des vignobles, Viticulture raisonnée et biologie 2017—Rhône-Méditerranée*; IFV., Chambres d’agriculture Languedoc-Roussillon, Provence-Alpes-Côte d’Azur (PACA), Rhône-Alpes, Eds.: Marseille, France, 2017; pp. 99–104.
56. Savary, S.; Delbac, L.; Rochas, A.; Taisant, G.; Willocquet, L. Analysis of nonlinear relationships in dual epidemics, and its application to the management of grapevine downy and powdery mildews. *Phytopathology* **2009**, *99*, 930–942. [[CrossRef](#)]
57. Pedò, S.; Bottura, M.; Porro, D. Development, yield potential and nutritional aspects of resistant grapevine varieties in Trentino Alto Adige. *BIO Web Conf.* **2019**, *13*, 02004. [[CrossRef](#)]
58. Smart, R.; Robinson, M. *Sunlight into Wine: A Handbook for Winegrape Canopy Management*; Winetitles: Adelaide, Australia, 1991; p. 88.
59. Matthews, M.A. *Terroir and other Myths of Winegrowing*; University of California Press: Oakland, CA, USA, 2015; p. 308.
60. Moser, S.; Roman, T.; Versini, L.; Tonidandel, L.; Barchetti, P.; Larcher, R.; Nicolini, G. Distillati sperimentali da vinacce di ibridi resistenti a bacca bianca: Prime valutazioni. *L’Enologo* **2017**, *5*, 85–90.
61. Moser, S.; Roman, T.; Tonidandel, L.; Versini, L.; Nicolini, G.; Larcher, R. Prime osservazioni su grappe sperimentali prodotte in scala micro da uve ibride a bacca bianca. *Rivista Internet di Viticoltura ed Enologia* **2018**, *1/2*, 1–7.
62. Rousseau, J. Les cépages résistants: Présentation, réglementation, disponibilités. Available online: [https://www.icv.fr/sites/default/files/ressources/01.cépages\\_resistants\\_j\\_rousseau\\_icv.pdf](https://www.icv.fr/sites/default/files/ressources/01.cépages_resistants_j_rousseau_icv.pdf) (accessed on 12 September 2019).
63. Salmon, J.-M.; Ojeda, H.; Escudier, J.-L. Disease resistant grapevine varieties and quality: The case of Bouquet varieties. *OENO One* **2018**, *52*, 225–230. [[CrossRef](#)]
64. Espinoza, A.F.; Hubert, A.; Raineau, Y.; Franc, C.; Giraud-Heraud, E. Resistant grape varieties and market acceptance: An evaluation based on experimental economics. *OENO One* **2018**, *52*, 247–263.



65. Schäufele, I.; Hamm, U. Consumers' perceptions, preferences and willingness-to-pay for wine with sustainability characteristics: A review. *J. Clean. Prod.* **2017**, *147*, 379–394. [[CrossRef](#)]
66. Montaigne, E.; Coelho, A.; Khefifi, L. Economic issues and perspectives on innovation in new resistant grapevine varieties in France. *Wine Econ. Policy* **2016**, *5*, 73–77. [[CrossRef](#)]



© 2019 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



## Comportamiento de variedades de vid resistentes a enfermedades fúngicas en la comarca del Somontano

José Casanova-Gascón<sup>1,\*</sup>, Carla Ferrer-Martín<sup>1</sup>, Antonio Bernad-Eustaquio<sup>1</sup>, Andrea Elbaile-Mur<sup>1</sup>, José M. Ayuso-Rodríguez<sup>2</sup>, Sergio Torres-Sánchez<sup>2</sup>, Adrián Jarne-Casasús<sup>2</sup>, Pablo Martín-Ramos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural, EPS, Universidad de Zaragoza, Carretera de Cuarte, s/n, 22071 Huesca; jcasan@unizar.es.

<sup>2</sup> Viñas del Vero S.A., Carretera Nacional 123 (km 3,7), 22300 Barbastro, Huesca.

**Resumen:** La vid es altamente susceptible a numerosas enfermedades de origen fúngico, cuya incidencia y severidad está aumentando como consecuencia del Cambio Climático. Para combatirlas, se ha venido recurriendo al uso de ingentes cantidades de fitosanitarios, los cuales conllevan importantes costes económicos y medioambientales y, en muchos casos, generan resistencias rápidamente. Según datos de Eurostat, la aplicación de fitosanitarios por hectárea y año en viticultura es la más alta de las utilizadas en producción agraria. Las nuevas variedades de vid resistentes a enfermedades fúngicas (denominadas PIWI) constituyen una de las líneas de investigación más activas sobre material vegetal en viticultura, y una solución viable para dar respuesta a las exigencias de la Directiva europea 2009/128/CE. En el presente trabajo se ha realizado un seguimiento de la evolución e impacto de las tres enfermedades principales (mildiu, oídio y botritis) en parcelas de la D.O. Somontano, comparando plantas PIWI (*sauvignon kretos*, *souvignier gris* y *muscaris*) con variedades convencionales como *sauvignon blanc* en condiciones reales de cultivo durante tres campañas (2016-2018). Se han estudiado los principales caracteres ampelográficos de cada variedad, y se ha realizado un seguimiento semanal en campo del desarrollo de cada enfermedad, relacionándolo con las variables climáticas. Independientemente de las condiciones climáticas (una de las campañas fue lluviosa, y las otras dos correspondieron a años secos, con diferencias en la distribución de las lluvias), las tres variedades PIWI apenas han presentado afección, demostrando una alta resistencia para mildiu y oídio, e incluso para podredumbre gris. En base a los resultados de producción, pese a la juventud de la plantación, se ha observado el excelente potencial de la variedad *sauvignon kretos*. No obstante, en relación con los análisis de calidad del vino obtenido en microvinificaciones a partir de estos híbridos en la segunda y la tercera campaña, el de la variedad *muscaris* es el que parece presentar mejores propiedades organolépticas. Desde un punto de vista medio-ambiental, además de contribuir a la sostenibilidad de las bodegas, estas variedades resistentes pueden dar respuesta a la demanda de aquellos consumidores que quieren productos *residuo-cero* o de los partidarios de productos ecológicos ajustados a la normativa europea.

**Palabras clave:** *Plasmopara viticola*, *Uncinula necator*, *Botrytis cinerea*, *Vitis* spp., resistencia, PIWI

## 1. Introducción

La vid (*Vitis vinífera* L.) es altamente susceptible a numerosas enfermedades de origen fúngico, principalmente oídio (*Uncinula necator*), mildiu (*Plasmopara viticola*) y podredumbre gris (*Botrytis cinerea*) [1]. La presión de estas enfermedades está obligando a recurrir al uso de enormes cantidades de fitosanitarios, que comportan importantes costes económicos y medioambientales y en muchos casos generan resistencias rápidamente. Según datos de Eurostat, la aplicación de fitosanitarios por hectárea y año en viticultura es la más alta de toda la producción agraria [2], pues en algunos casos el número de aplicaciones por campaña es superior a 12 [3], llegando a 16 aplicaciones en momentos de elevadas presiones de enfermedad.

La Directiva europea 2009/128/CE establece en su artículo 14 las bases para la utilización de pesticidas de modo sostenible, destacando como aspecto fundamental la reducción de su uso, particularmente el cobre en viticultura [3]. En la legislación española se hace referencia al uso sostenible de los productos fitosanitarios en el RD 1311/2012. Una de las estrategias más prometedoras pasa por un tratamiento de prevención basado en el desarrollo de variedades resistentes a hongos [3].

La selección asistida con marcadores, combinada con retrocruzamientos con múltiples variedades de *V. vinífera*, ha permitido el desarrollo de variedades de uva resistentes a hongos con dos genes de resistencia y un porcentaje significativo (más del 85%) de *V. vinífera* en su pedigrí: las conocidas como “PIWI” (del alemán *Pilzwiderstandsfähig*, “resistente a enfermedades fúngicas”), y que a día de hoy son aceptadas como *V. vinífera* en los catálogos europeos [4]. En el Reglamento (UE) 1308/2013 se recoge la utilización de estas variedades PIWI para la elaboración de vinos, siempre y cuando estén previamente inscritas en el Registro de variedades del país pertinente.

La resistencia de estas variedades varía con la genética del cultivar y la localización [5]. Por tanto, la mayoría de los cultivares de variedades resistentes muestra cierta susceptibilidad a diferentes patógenos, incluidos oídio, mildiu, botritis, pudrición negra y antracnosis. Estas enfermedades son controladas generalmente con fungicidas a base de azufre [3,6] o con formulaciones basadas en cobre, pero con un número de aplicaciones mucho menor que en variedades tradicionales [7]. En un estudio realizado en 6 países europeos, que incluyó 183 variedades PIWI, se obtuvo como resultado una reducción del número de tratamientos fungicidas entre un 73% y un 82% para grados de presión de la enfermedad bajo y medio, respectivamente [3]. Un resultado similar fue también obtenido en un estudio en el que participaban 65 viñedos alemanes bajo manejo ecológico, cuyos productores informaron que pulverizaban las variedades resistentes a hongos unas 3,8 veces de promedio por campaña [8].

Se espera que las PIWI supongan un ahorro de costes muy importante en el control anual de las enfermedades: en Francia, se ha estimado que la producción con variedades resistentes podría llegar a disminuir a la mitad los costes de producción [9]; y en California se ha previsto que la utilización de variedades resistentes a oídio podría suponer un ahorro de hasta 48 millones de dólares por año en la producción de uva de mesa, pasas y vino [10].

Respecto al rendimiento, las variedades resistentes generalmente son más vigorosas y muestran mayor productividad [3,11-13].

Pese a las ventajas preconizadas, las variedades resistentes a hongos se encuentran prácticamente ausentes del mercado vitivinícola de la mayoría de los países productores por la injustificada desconfianza tanto sobre su utilización [8] como sobre la calidad enológica del vino. Esta surgió a cuenta del hecho de que las PIWI portan genes no-*V. vinífera* (incluso a niveles bajos), que llevó a la presunción de que podían dar lugar a vinos de menor calidad [10]. Actualmente, existen estudios que demuestran que la calidad de los vinos procedentes de variedades resistentes a hongos es generalmente equivalente a los producidos a partir de *V. vinífera* [3,7].

En España, los únicos campos de ensayo experimentales con PIWI, además del de Viñas del Vero –en el que se ha realizado el presente trabajo–, son uno existente en Olite y otro en el Valle



de Baztán en Navarra [14]. Todos ellos fueron plantados en 2015, y no se han hecho públicos datos de producción y/o uso de fitosanitarios.

En la presente comunicación se recogen los resultados para tres variedades PIWI (*sauvignon kretos*, *southern gris* y *muscaris*) durante las campañas 2016-2018, en un estudio pionero en nuestro país.

## 2. Material y métodos

### 2.1. Localización

El viñedo experimental se localiza en una parcela propiedad de Viñas del Vero S.A., en el término municipal de Barbastro, partida 'Las Almunietas'. Las coordenadas UTM de la parcela son: X=261706, Y=4652417, huso 31.

Respecto a la edafología, en Badía, *et al.* [15], se recoge un estudio detallado del suelo de la zona de 'Las Almunietas', concretamente el que hace referencia a 'Torre Fierro'. Esta zona está formada por gipsisoles, suelos desarrollados sobre margas yesíferas que presentan una acumulación secundaria de yeso en formas pulverulenta y/o lenticular a cierta profundidad. Son suelos de texturas francas, pedregosidad escasa, capacidad de retención de agua disponible moderada y capacidad de intercambio catiónico baja.

### 2.2. Material vegetal

El material vegetal que conforma el estudio son tres variedades PIWI blancas y una variedad control (*sauvignon blanc*). La primera variedad PIWI, *sauvignon kretos* (C.v. 76-026), fue obtenida por el Instituto de Genómica Aplicada de Udine (Italia), del cruce *sauvignon blanc* × 20/3, y registrada en 2015 en el Registro Nazionale delle Varietà di Vite [16]. La segunda variedad PIWI fue *southern gris* (C.v. FR 392-83), se obtuvo por el Staatliches Weinbauinstitut Freiburg (Alemania) en 1983, por cruce de *cabernet sauvignon* (*sauvignon blanc* × *cabernet franc*) con *brunner (merzling* × Gm 6494 (*zarya severa* × *st. laurent*)). Registrada en la German Federal Office of Varietal Registration (Bundessortenamt) en 2008 [17] y en Francia en el "Catalogue des variétés de vigne" [18]. La tercera variedad PIWI, *muscaris* (C.v. FR 493-87) se obtuvo en 1987 también por el Staatliches Weinbauinstitut Freiburg del cruce de *solaris* × *muscat*, y no se conocen datos de registro [19]. Las plantas del estudio están certificadas por el vivero Vivai Cooperativi Rauscedo (Rauscedo, Italia) en el caso de *sauvignon kretos*, y por el vivero Pepinières Viticoles Mercier (Vix, Francia) para las otras dos variedades. Se han empleado 224 cepas de variedades PIWI: 69 de *sauvignon kretos*, 76 de *southern gris* y 79 de *muscaris*, todas ellas plantadas durante el mes de abril de 2015 en forma de planta injerto, sobre patrón SO4. Para propósitos de comparación, se ha utilizado como variedad testigo y tratada (183 plantas) *sauvignon blanc* (clon 376), injertado en SO4.

### 2.3. Diseño experimental y técnicas culturales

Las variedades a estudiar se distribuyeron en dos parcelas contiguas, con filas de plantas testigo ubicadas a ambos lados de las resistentes y seguidamente las filas de *sauvignon blanc* tratadas. Las cepas están plantadas en doble fila de unos 40 m, con marco de plantación de 2,8 × 0,9 m (densidad de plantación de 3968 plantas/ha), utilizando un sistema de formación con estructura de soporte y vegetación libre dirigida a mano (sistema Cortina), con una altura de formación de 1,4 m.

Las plantas fueron sometidas a unas condiciones exigentes respecto a rendimiento, forzando algunos aspectos de manejo (riego, hierba, *canopy*) para evaluar realmente la resistencia de los cultivares experimentales.

El riego se realizó con mangueras de goteo integrado cada 75 cm y con un caudal de 4 L/h. Las mangueras están elevadas 50 cm sobre el suelo.

Todas las plantas (tanto de las variedades resistentes como testigo y tratadas) tuvieron que ser tratadas frente a la erinosis en la campaña 2016, por estar muy afectadas (al ser plantas jóvenes el efecto del ataque es mayor). Por lo demás, en las PIWI y en las filas testigo no se han aplicado tratamientos para plagas o enfermedades. Respecto a los fungicidas aplicados en las líneas tratadas, para mildiu se ha tratado con un fungicida preventivo (hidróxido cúprico) y uno sistémico (metalaxil + mancozeb); y para oidio con miclobutanil como fungicida preventivo, y con varios fungicidas sistémicos (bupirimato, tebuconazol y proquinazid).

#### 2.4. Recogida de datos

El seguimiento climático se realizó mediante placas “*Moisture meter datalogger*” de Hobby Boards [20], con sensores de humedad en hoja y temperatura, situadas en la parcela de estudio, complementando las medidas con datos climáticos de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) y del Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SIAR).

Se realizó un seguimiento semanal en campo de todas las variedades desde marzo hasta septiembre para las tres campañas. Se han monitorizado los estados fenológicos conforme a las siguientes escalas: Código Eichhorn-Lorenz [21], Estados fenológicos de la vid [22] y la Codificación BBCH de los estadios fenológicos de desarrollo de la vid [23]. Se ha realizado también un seguimiento de los principales caracteres ampelográficos tomando 10 elementos de referencia y utilizando para ello la lista de descriptores de la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV) para variedades de vid y especies *Vitis* [24]. Los descriptores utilizados han sido para hoja joven, hoja adulta, flor, racimo, baya, producción y enfermedad. La caracterización ampelográfica para la variedad *sauvignon blanc* se realizó sobre las líneas testigo.

Para la monitorización de enfermedades, cada semana se observó una muestra de 55 órganos elegidos al azar en cada bloque, y en su momento, 25 racimos. Para la evaluación de los parámetros relativos a la presencia y ataque de dichas enfermedades, se ha seguido la propuesta marcada por la Organización Europea y Mediterránea de Protección Vegetal (EPPO) en 2009. En ésta se establece una escala en base al porcentaje de área del órgano afectada por la enfermedad [25]. Para calcular el grado de ataque se ha utilizado la fórmula de Townsend-Heuberger, y para la evaluación de la eficacia del tratamiento (relación entre el grado de ataque en las cepas testigo frente a las tratadas), la fórmula de Abbott [26].

La vendimia se realizó de forma manual. En la campaña 2017 se realizó en una única fecha para las tres variedades (22 de agosto), mientras que en la campaña 2018 se repartió en dos fechas: 22 de agosto para *muscaris* y 3 de septiembre para *sauvignon kretos* y *southern gris*.

Para la evaluación del equilibrio de la planta entre producción y desarrollo se ha empleado el índice de Ravaz [27], en base a datos de peso de la cosecha y de peso de la madera de poda.

#### 2.5. Vinificación

Se procesaron 200 kg de uva por variedad. Se realizó un prensado sin despalillar, con adición de enzima pectolítica (Pectazina, 3 g/100 kg) y metabisulfito potásico (30 ppm de SO<sub>2</sub>), con un posterior desfangado de 24 h en frío. Tras el trasiego, se realizó el aporte de levaduras (*Saccharomyces bayanus* a 20 g/hL), y se procedió al seguimiento y control de la fermentación alcohólica, terminando esta al cabo de 13 días (*muscaris*), 20 días (*sauvignon kretos*) y 16 días (*southern gris*). Tras un trasiego final y sulfitado (metabisulfito, 4,5 g/hL), se procedió al análisis de los vinos terminados.

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Datos climáticos

Las temperaturas y precipitaciones medias mensuales para el periodo de estudio (marzo-septiembre) en las tres campañas se recogen en la Tabla 1. Las campañas 2016 y 2017 correspondieron a años secos (243,6 y 294,3 mm, respectivamente), si bien el 2016 presentó una distribución de lluvias más irregular; la campaña 2018 tuvo precipitaciones por encima de la media (499 mm).

**Tabla 1.** *Arriba:* temperaturas medias mensuales (°C); *abajo:* precipitaciones medias mensuales (mm) para las tres campañas.

Campaña	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
2016	9,3	12,5	16,1	21,6	24,9	24,0	21,4
2017	11,8	13,5	18,2	23,7	24,8	24,3	18,7
2018	8,9	13,4	17,1	22,0	25,6	25,2	22,2

Campaña	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
2016	69,2	93,0	33,0	13,6	11,8	1,0	22,0
2017	109,4	34,0	45,4	47,8	23,3	7,0	27,4
2018	60,7	117,0	142,6	28,4	13,0	101,9	35,4

#### 3.2. Fenología y ampelografía

Los resultados obtenidos en campo se ajustaron a lo establecido en las fichas varietales para la mayor parte de descriptores en las tres campañas. Las pequeñas diferencias detectadas, sobre todo en la campaña 2016, deben ser atribuidas a expresión de juvenilidad. En general, se observa que estas variedades tienen un comportamiento similar a las cultivadas en la D.O. Somontano y no presentaron problemas de adaptación.

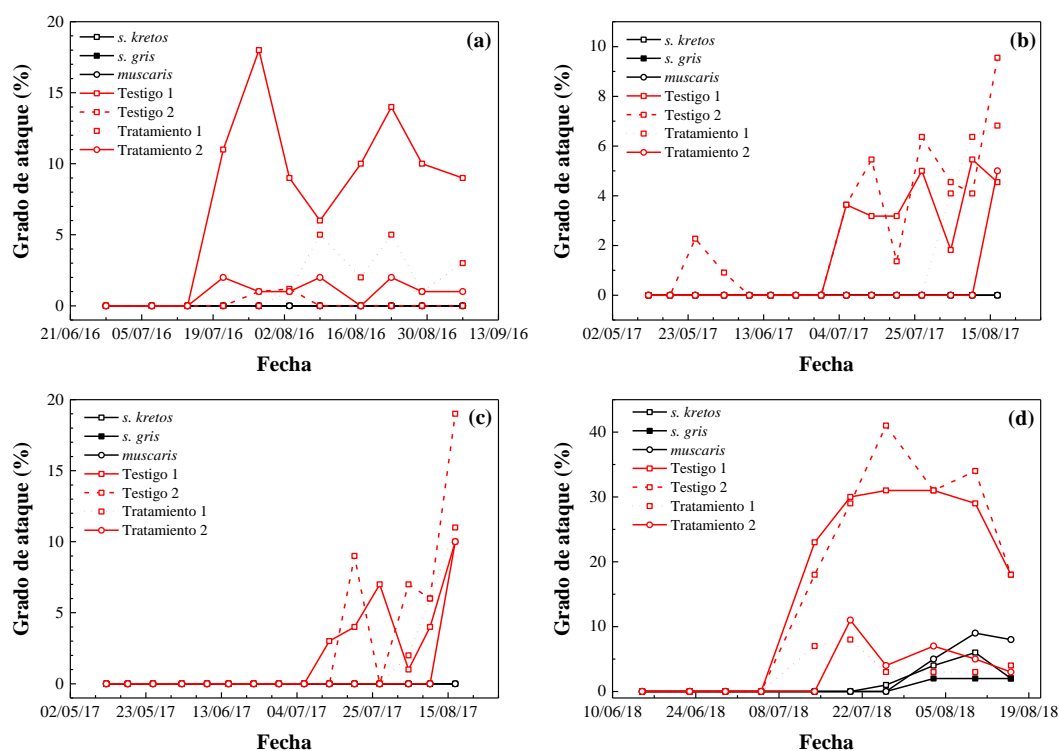
#### 3.3. Monitorización de enfermedades

##### 3.3.1. Oídio

En la campaña 2016, y en concreto el 5 de julio, se observaron ataques muy leves en hoja en las variedades testigo y tratadas (en las resistentes no se produjo ataque). El ataque en racimo apareció la semana del 19 de julio (Figura 1a) y resultó significativo en las variedades testigo, en las que se alcanzó aproximadamente un 20% de ataque (en las variedades resistentes no se apreció racimo alguno afectado).

En la campaña 2017 no hubo ataque de oídio en las PIWI, pero sí en las variedades testigo y tratadas, tanto en hoja (Figura 1b) como en racimo (Figura 1c).

En la campaña 2018 no se detectó ataque en hojas de testigos, tratadas o PIWI, pero sí en racimos (Figura 1d). En *sauvignon kretos* se registró un bajo grado de ataque (un total de 13 anotaciones, todas con intensidad de ataque <25%) del 26 de julio al 16 de agosto; en *southern gris* el grado de ataque fue aún menor (6 anotaciones, todas con intensidad de ataque <25%) del 3 al 16 de agosto; y en *muscaris* fue más alto, con 20 anotaciones con intensidad de ataque <25% (del 3 al 16 de agosto) y sólo una en el rango de intensidad de ataque del 25-50% en la última medida (16 de agosto). Comparativamente, los grados de ataque en plantas testigo y tratadas fueron notablemente más altos.



**Figura 1.** Evolución temporal del grado de ataque de óidio en: (a) campaña 2016 en racimo; (b) campaña 2017 en hoja; (c) campaña 2017 en racimo; y (d) campaña 2018 en racimo.

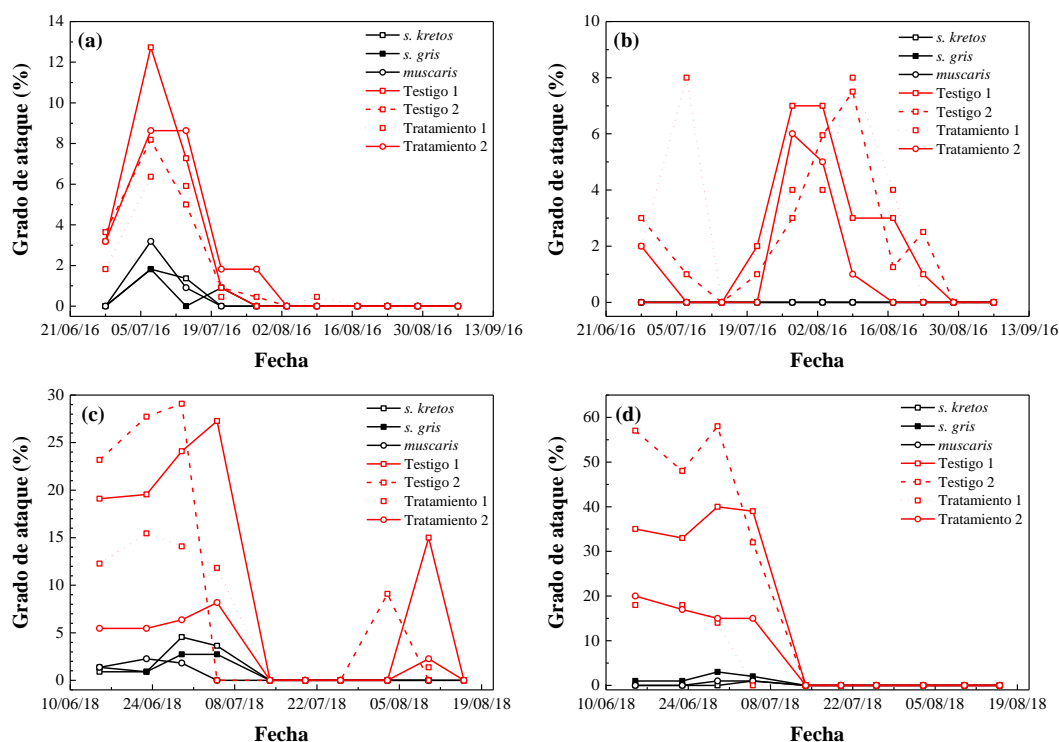
### 3.3.2. Mildiu

En la campaña 2016 se detectaron daños en hoja en todas las cepas. Las variedades resistentes presentaron un bajo grado de ataque, siendo las cepas testigo y tratadas las más afectadas. En cuanto a los daños en racimo, sólo se detectaron para las cepas testigo y tratadas: del 28 de junio al 12 de julio se observaron racimos totalmente destruidos antes de alcanzar el tamaño de baya guisante, seguido de otro ataque que afectó a racimos de mayor tamaño, en los cuales, con el paso de las semanas, se observó el desecamiento de los granos.

En la campaña 2017 no se detectaron daños en ninguna de las variedades PIWI, ni en las viñas tratadas ni en la variedad testigo 2. Anecdóticamente, se detectaron intensidades de ataque leves (<25%) en hoja para la variedad testigo 1 en la recogida de datos del 13 de julio (3 de 55 muestras, 5.77%). En racimo no se detectaron daños.

En el año 2018 sí se detectó ataque, tanto en hoja como en racimo. En cuanto al ataque en hoja, en *sauvignon kretos* se detectaron 22 casos, con intensidad de ataque <25%, entre el 15 de junio y el 5 de julio; en *southern gris* se detectaron un total de 17 casos, todos con intensidad de ataque <25%, entre el mismo periodo; y en *muscaris* se detectaron un total de 15 casos, con intensidad de ataque <25%, también entre el 15 de junio y el 5 de julio. En cuanto a los daños en racimo, en *sauvignon kretos* se detectó un único caso, con intensidad de ataque <25%, el 5 de julio; en *southern gris* se detectaron un total de 7 casos, todos con intensidad de ataque <25%, entre el 15 de junio y el 5 de julio; y en *muscaris* se detectaron dos casos, con intensidad de ataque <25%, entre el 29 de junio y el 5 de julio. Los daños en plantas testigo y tratadas fueron más altos, llegando a un 60% de grado de ataque.

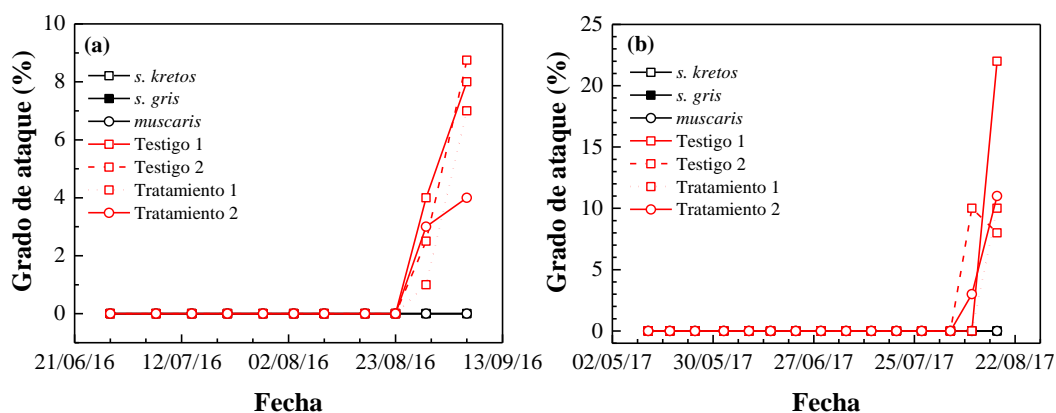
X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA  
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA  
3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España



**Figura 2.** Evolución temporal del grado de ataque de mildiu en las campañas 2016 (arriba) y 2018 (abajo), en hoja (izquierda) y en racimo (derecha).

### 3.3.3. Podredumbre gris

En la campaña 2016 (Figura 3a) se detectaron ataques a finales del mes de agosto en las cepas testigo y tratadas, sin detectarse ningún síntoma en las PIWI. Los racimos que presentaron daño fue en su mayoría con un 25-50% de intensidad de ataque. De forma similar, en la campaña 2017 (Figura 3b) no hubo ataque en las variedades PIWI. En las cepas testigo y tratadas se detectaron daños puntuales en racimo el 10 y el 17 de agosto (con intensidad de ataque de hasta el 50%), que afectaron a un porcentaje inferior al 4% de los racimos muestreados. En la campaña 2018 (no mostrada) no se detectaron daños por podredumbre gris en ningún caso (ni en plantas testigo, ni en tratadas, ni en las PIWI).



**Figura 3.** Evolución temporal del grado de ataque de podredumbre gris en las campañas 2016 (a) y 2017 (b).

#### 3.4. Eficacias de tratamiento

En la campaña 2016, las eficacias de tratamiento frente a mildiu fueron muy bajas (18%) en hoja y algo superiores en racimo (47%); en el caso del oídio, se observaron eficacias medias de tratamiento superiores al 50%, tanto en hoja como en racimo. En la campaña 2017, las eficacias de tratamiento contra oídio fueron superiores al 60% en hoja (alcanzándose un 93% en la parcela 2). En la campaña 2018, la eficacia media de tratamiento frente a mildiu fue próxima a un 65%, tanto en hoja como en racimo; y la eficacia media contra oídio en racimo fue de hasta un 82%.

#### 3.5. Producción e índices de Ravaz

En base a los datos de producción y de poda, en la Tabla 2 se recogen los índices de Ravaz calculados. Los valores recomendados son 5-7 si se quiere evitar desequilibrios en el viñedo, si bien otros autores plantean un rango más amplio (5-12), en función del cultivar, carga, dosis de riego y sistemas de conducción [28,29]. Valores muy altos, por encima de 10, nos indican que la viña ha producido mucha uva para su vigor, es decir, que presenta un desajuste por exceso de producción o defecto de vigor. Por el contrario, valores por debajo de 3 nos indicarían un vigor excesivo del viñedo, es decir, una baja productividad para esas condiciones de fertilidad. Por tanto, se deduce que para las dos campañas con datos de producción (2017 y 2018), se produjeron desequilibrios importantes para *southern gris* en 2017 y *muscaris* en 2018, si bien pueden justificarse por la juventud de la plantación.

**Tabla 2.** Datos de producción y poda, e índices de Ravaz calculados.

Variedad	Campaña 2017			Campaña 2018		
	Producción (kg/cepa)	Peso poda (kg/cepa)	Índice de Ravaz	Producción (kg/cepa)	Peso poda (kg/cepa)	Índice de Ravaz
<i>sauvignon kretos</i>	3,50	0,86	4,05	3,27	0,80	4,10
<i>southern gris</i>	2,03	0,15	13,67	2,27	0,49	4,62
<i>muscaris</i>	1,48	0,17	8,62	2,01	0,12	16,41

#### 3.6. Valores iniciales de los mostos

Los resultados de las analíticas realizadas a los mostos a la entrada a la bodega (22/08/2017 para las tres PIWI; 22/08/2018 para *muscaris*, 03/09/2018 para *sauvignon kretos* y *southern gris*) se recogen en la Tabla 3. El pH y grado alcohólico probable se encuentra en los datos medios de otras variedades cultivadas en el territorio, aunque la variedad *muscaris* alcanza un grado alcohólico muy alto y una acidez total demasiado baja. La variedad *southern gris* es la única que manifiesta deficiencias en el nitrógeno fácilmente asimilable, lo que plantearía problemas en la fermentación, si no se corrige.

**Tabla 3.** Valores iniciales de los mostos en las campañas 2017 y 2018 para las tres variedades PIWI.

Variable	<i>sauvignon kretos</i>		<i>southern gris</i>		<i>muscaris</i>	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Acidez total (g/L)	6,61	6,1	6,08	5,5	3,79	3,9
pH	3,14	3,16	3,35	3,38	3,15	3,71
Grado alcohólico probable	12,9	13,66	14,3	14,96	16,2	15,60
NFA	223	100	190	84	165	224

NFA: nitrógeno fácilmente asimilable

### 3.7. Resultados de la vinificación

Los vinos obtenidos se sometieron a un análisis sensorial en el Laboratorio de análisis del aroma y enología (LAAE) de Zaragoza. El vino resultante de la variedad *muscaris* –con descriptores de almendra amarga, fruto seco, terpenico en alta intensidad– fue el que recibió una mejor acogida en ambos años. El de *sauvignon kretos* puede llegar a tener una aceptación similar al de la variedad estándar (*sauvignon blanc*) con solo modular la acidez y algunas notas desagradables, objetivo alcanzable tras realizar pruebas de vinificación con distintos estados de maduración. En cuanto al vino de la variedad *southern gris*, los resultados no fueron concluyentes: si bien el vino de la campaña 2017 tuvo una aceptación muy baja, su aceptación en la cata realizada para la microvinificación de la campaña 2018 fue buena. En los tres casos se destacó una gran intensidad aromática de los vinos, con aromas poco relacionados con alimentos.

### 4. Conclusiones

De la comparación de los resultados obtenidos para cada una de las enfermedades y variedades con las fichas varietales de éstas, se ha podido concluir de forma general que las tres variedades PIWI ensayadas muestran resistencia alta para mildiu, oídio e incluso para podredumbre gris (para la que se establecía un nivel medio de resistencia en las fichas varietales). La variedad *sauvignon kretos* ha exhibido un rendimiento de cepa superior al control, mientras que *southern gris* y *muscaris* presentaron rendimientos menores. No obstante, la variedad *muscaris* puede ser la más interesante cara a producción a escala piloto, por su buen perfil organoléptico. Estas variedades plantean una alternativa de producción en entornos sometidos a presión fúngica y pueden ocupar el nicho de mercado de consumidores que valoran la reducción de fitosanitarios en la viticultura.

### Referencias

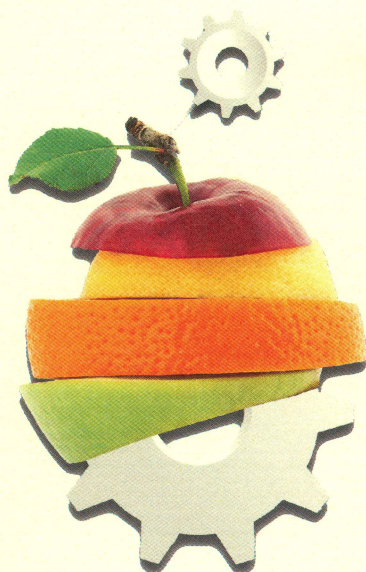
1. Galet, P. *Précis De Pathologie Viticole*. 3 ed.; Imprimerie JF Impression: Montpellier, France, 1999; p 296.
2. Piwi-International. **2016**, 2616.
3. Rousseau, J.; Chanfreau, S.; Bontemps, É. *Les Cépages Résistants and Maladies Cryptogamiques*. Groupe ICV: Bordeaux, France, 2013; p 228.
4. Sivcev, B.; Sivcev, I.; Rankovic-Vasic, Z. Natural process and use of natural matters in organic viticulture. *Journal of Agricultural Sciences, Belgrade* **2010**, 55, 195-215.
5. Pavloušek, P.; Kumšta, M.; Mateiciucová, P. Adaptation of New Resistant Grapevine Varieties to the Terroir in the Czech Republic. In *X Congrès Internationaux des Terroirs Vitivinicoles*, Society of International Terroir Experts in vitiviniculture: Tokaj-Eger, Hungary, 2014; pp 1-5.
6. Siegfried, W.; Temperli, T. Piwi-Reben im vergleich—ein zwischenbericht. *Schweiz. Z. Obst Weinbau* **2008**, 17, 6-9.
7. Van der Meer, M.; Weibel, F.; Levite, D.; Häseli, A.; Vombach, D. Acceptation des vins de cépages résistants par les consommateurs. *Revue suisse de viticulture, arboriculture et horticulture* **2010**, 42, 147-150.
8. Becker, A. Piwis in der Praxis. *Schweiz. Z. Obst Weinbau* **2013**, 3, 4-7.
9. Galbrun, C. Etude Inra - Comment réduire ses coûts de production de 50%. <https://www.reussir.fr/vigne/comment-reduire-ses-couts-de-production-de-50>
10. Fuller, K.B.; Alston, J.M.; Sambucci, O.S. The value of powdery mildew resistance in grapes: Evidence from California. *Wine Economics and Policy* **2014**, 3, 90-107.
11. Reynolds, A.G.; Vanden Heuvel, J.E. Influence of Grapevine Training Systems on Vine Growth and Fruit Composition: A Review. *American Journal of Enology and Viticulture* **2009**, 60, 251-268.
12. Barthe, C. Impact de la charge fruitière sur la maturité et la qualité du raisin chez le Seyval blanc et le Vandal-Cliche, deux cépages hybrides cultivés au Québec. Université Laval, Québec, Canada, 2015.
13. Sun, Q.; Sacks, G.; Lerch, S.; Vanden Heuvel, J.E. Impact of Shoot Thinning and Harvest Date on Yield Components, Fruit Composition, and Wine Quality of Marechal Foch. *American Journal of Enology and Viticulture* **2011**, 62, 32-41.

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA  
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA

3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

14. Lissarrague, J.R.; Baeza, P.; Peiro, E.; Ayuso, J.M.; Cibriain, F.; Blanco, J.A.; Villalba, P. Híbridos resistentes a mildiu-oidio: la apuesta por la sostenibilidad y el respeto medioambiental de VCR. *Olint* 2016, pp 6-14.
15. Badía, D.; Cuchí, J.; Martí, C.; Casanova, J. *Los suelos de los viñedos en la D.O. Somontano*. Pressas Universitarias de Zaragoza: Zaragoza, Spain, 2006; Vol. 8, p 199.
16. Morgante, M.; Testolin, R. Nuovi vitigni resistenti alle malattie. In *Quaderni Tecnici VCR*, Rauscedo, V.C., Ed. Italia, 2016; Vol. 15, p 40.
17. Pritchard, D. Souvignier gris (originally known as Fr. 392-83). [http://www.winegrowers.info/varieties/Vine\\_varieties/Souvignier%20gris.htm](http://www.winegrowers.info/varieties/Vine_varieties/Souvignier%20gris.htm)
18. Bonnet, P.; Lacombe, T. Le catalogue des vignes cultivées en France. <http://plantgrape.plantnet-project.org/es/nouvelles>
19. Pritchard, D. Muscaris (originally known as Fr. 493-87). [http://www.winegrowers.info/varieties/Vine\\_varieties/Muscaris.htm](http://www.winegrowers.info/varieties/Vine_varieties/Muscaris.htm)
20. Vickery, E. Hobby boards moisture meter datalogger. Instruction manual and technical specifications. Hobbyboards, Ed. EEUU, 2012; p 14.
21. Eichhorn, K.W.; Lorenz, D. *Phaenologische Entwicklungsstadien der Rebe: Anwendungstermine d. Pflanzenschutzmittel ; Sonderdr. aus "Der deutsche Weinbau"*. BASF: 1978.
22. Baillod, M.; Baggolini, M. Les stades repères de la vigne. *Revue suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture* **1993**, 25, 7-9.
23. Lorenz, D.; Eichhorn, K.; Bleiholder, H.; Klose, R.; Meier, U.; Weber, E. Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*)-Codes and descriptions according to the extended BBCH scale. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **1995**, 1, 100-103.
24. OIV. Lista de descriptores OIV para variedades de vid y especies *vitis*. 2º ed.; vin, O.I.d.l.v.e.d., Ed. Paris, 2001; p 179.
25. Townsend, G.R.; Heuberger, J.W. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *The Plant Disease Reporter* **1943**, 24, 340-343.
26. Abbott, W.S. Abbott's formula. *Journal of Economic Entomology* **1925**, 18, 267-268.
27. Vasconcelos, M.C.; Castagnoli, S. Leaf Canopy Structure and Vine Performance. *American Journal of Enology and Viticulture* **2000**, 51, 390-396.
28. Smart, R.; Robinson, M. *Sunlight into wine: a handbook for winegrape canopy management*. Winetitles: Adelaide, Australia, 1991; p 88.
29. Matthews, M.A. *Terroir and other myths of winegrowing*. University of California Press: Oakland, California, 2015; p xii, 308 pages.





**X Congreso Ibérico  
de Agroingeniería**

**X Congresso Ibérico  
de Agroengenharia**

Se certifica que el trabajo titulado

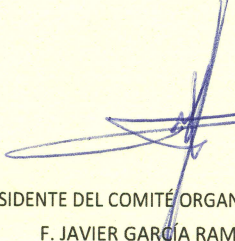
**Comportamiento de variedades de vid resistentes  
a enfermedades fúngicas en la comarca del  
Somontano**


Cuyos autores son


**J. Casanova-Gascón, C. Ferrer-Martín, A. Bernad-Eustaquio, A.  
Elbaile-Mur, J.M. Ayuso-Rodríguez, S. Torres-Sánchez,  
A. Jarné-Casasús y P. Martín-Ramos**

Ha sido seleccionado como mejor comunicación del área temática  
de **Proyectos, medio ambiente y territorio** en el **X Congreso de  
Agroingeniería**, celebrado en la Escuela Politécnica Superior  
(Universidad Zaragoza), Huesca (España), de 3 al 6 de septiembre de  
2019

*En Huesca, a 7 de septiembre de 2019*

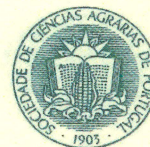
  
PRESIDENTE DEL COMITÉ ORGANIZADOR  
F. JAVIER GARCÍA RAMOS

 Escuela Politécnica  
Superior - Huesca  
Universidad Zaragoza

  
SECRETARIO DEL COMITÉ ORGANIZADOR  
PABLO MARTÍN RAMOS



**Escuela Politécnica  
Superior - Huesca  
Universidad Zaragoza**



Secção Especializada de  
Engenharia Rural - SCAP